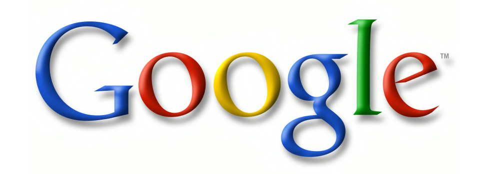
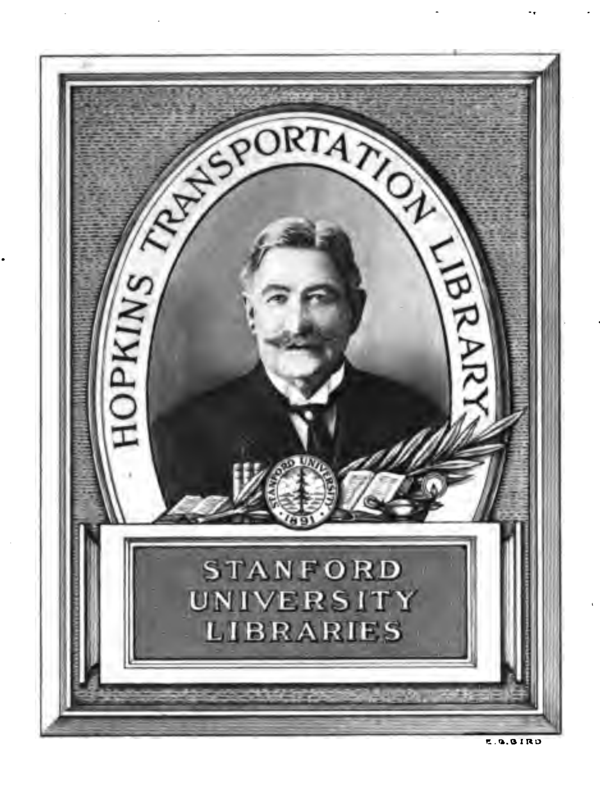

Google




HOPKINS TRANSPORTATION LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
1891
STANFORD
UNIVERSITY
LIBRARIES
E. G. BIRD

ARMENGAUD jeune



LE PROBLÈME DE L'AVIATION

ET SA SOLUTION PAR L'AÉROPLANE

DEUXIÈME ÉDITION

Complétée et mise à jour

PARIS

LIBRAIRIE CH. DELAGRAVE

15, rue Soufflot, 15

1.75



Le

Problème de l'Aviation

A

MONSIEUR BOUQUET

DIRECTEUR DU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

L'auteur, emporté par l'intérêt captivant du sujet et encouragé par un auditoire attentif et sympathique, a donné à cette conférence une étendue plus considérable qu'il ne le prévoyait. Non seulement vous lui aviez fait l'honneur de la lui demander mais vous avez eu l'amabilité d'y assister sans manifester aucun regret de sa longueur.

C'est à vous, en grande partie, qu'il doit le succès qu'elle a obtenu et c'est un devoir de reconnaissance qu'il est heureux de remplir en vous en dédiant la publication.

A. J.

Le Problème de l'Aviation

Sa Solution par l'Aéroplane

CONFÉRENCE FAITE LE 16 FÉVRIER 1908
AU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

par

J. ARMENGAUD jeune

Ingénieur, Ancien élève de l'École Polytechnique
Ancien Président de la Société Française de Navigation Aérienne
Membre de la Commission scientifique d'Aérostation de l'Aréo-Club

DEUXIÈME ÉDITION
REVUE, COMPLÉTÉE ET MISE A JOUR



PARIS
LIBRAIRIE CH. DELAGRAVE
15, RUE SOUFFLOT 15

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS

Depuis la publication de notre travail les progrès de l'aviation ont marché à pas de géant. La solution de ce problème par l'aéroplane s'est affirmée par des résultats si frappants, prévus par quelques-uns, mais inattendus pour le plus grand nombre, qu'ils méritent d'être consignés et commentés par un de ceux qui, un des premiers, a cru à la possibilité pour l'homme de s'élever dans l'air et de s'y mouvoir à l'instar de l'oiseau, grâce à un appareil muni d'un moteur puissant et léger.

Les exploits de MM. Farman et Delagrange, à qui, il ne faut pas l'oublier M. Santos-Dumont avait montré l'exemple, les prouesses des frères Wright sorties enfin du mystère dont elles étaient encore entourées en 1905, et même jusqu'à leur renouvellement en France, ont imprimé un tel essor à cette branche de l'aéronautique que l'état de la question, tel que nous l'avions présenté, s'est sinon transformé, du moins considérablement élargi. Un supplément à notre travail s'imposait donc et nous attendions pour le préparer l'achèvement des expériences auxquelles se livre actuellement M. Wilbur Wright au camp d'Auvours, en vue de satisfaire aux conditions du contrat passé entre M. Hart O. Berg, au nom des aviateurs américains et M. Lazare Weiller, représentant un syndicat français pour l'acquisition des Brevets Wright.

Mais l'accueil favorable qu'a reçu notre livre, issu comme on le sait des conférences que nous avons faites l'hiver dernier, nous oblige à en publier sans tarder une seconde édition. C'est donc dans un chapitre additionnel que nous résumerons les faits significatifs qui se sont produits dernièrement tant au point de vue des théories émises sur le vol plané que sous le rapport de la construction des divers types d'aéroplanes sur le choix des-

quels se séparent les partisans de l'aviation. Ces discussions attestent le chemin considérable parcouru par la réalisation du plus lourd que l'air depuis le jour où l'on a vu fonctionner une véritable machine volante.

D'autres feront des ouvrages plus complets sur la matière. Elle a déjà donné lieu à des manuels et des traités techniques qui seront consultés avec fruit. Notre rôle, tel que nous l'avons toujours compris dans notre carrière d'ingénieur, a été avant tout de faire œuvre de vulgarisateur.

Dans cette seconde édition nous n'entendons changer en rien la manière dont nous avons présenté ce sujet qui est tout à fait d'actualité et qui excite à si juste titre l'attention et on peut dire l'admiration universelles; la preuve en est dans les nombreux articles qu'en dehors des revues spéciales, telles que l'*Aérophile* et la *Revue de l'Aviation*, la presse quotidienne, même celle des organes politiques les plus sérieux, consacre chaque jour aux expériences sensationnelles dont notre pays est surtout le théâtre.

C'est à dessein que nous avons conservé le ton quelque peu familier du conférencier pour établir avec les lecteurs le contact intime que nous avions avec nos bienveillants auditeurs; ce n'est pas d'ailleurs l'enseignement d'une science que nous avons prétendu faire, mais seulement l'exposé aussi simple que possible des principes fondamentaux sur lesquels on est d'accord aujourd'hui pour expliquer le vol des oiseaux en s'arrêtant plus spécialement à la forme du vol plané.

En traitant dans ce sens la question de l'aviation sous ses différentes faces, je me suis surtout attaché au côté historique que les écrivains, comme les professeurs, ont selon moi, une tendance regrettable à négliger.

Une découverte scientifique ou industrielle est toujours précédée de recherches et de tâtonnements. Avant que la solution se présente sous un aspect net et tangible, elle a passé par des ébauches qui se sont dégrossies successivement; en d'autres

termes un progrès qui touche au but visé est le fruit de la collaboration d'un grand nombre d'hommes qui se sont voués aux mêmes travaux. Tel est le cas surtout pour un problème aussi difficile que l'est l'aviation qui, depuis l'origine du monde, a hanté le cerveau de l'homme ne voyant pas sans envie l'oiseau posséder seul l'empire de l'air.

On peut ranger en trois catégories les hommes qui ont consacré tout ou partie de leur vie à l'étude de ce problème. A côté des observateurs tels que Léonard de Vinci, Borelli, Pettigrew, Mouillard, sont venus des savants, physiologistes et mathématiciens tels que Babinet, Landure, Pénaud, Marey, le colonel Renard, M. Drzewiecki, et plus récemment le colonel Valier et le capitaine Ferber, qui ont précisé les lois du vol plané. En même temps, des expérimentateurs audacieux tels que Lilienthal, Pilcher, précurseurs des Santos-Dumont, Farman, Delagrange, Esnault-Pelterie et des frères Wright, se sont livrés à des essais *in animavili*, pour arriver à pratiquer le vol mécanique.

C'est dans les écrits où la plupart d'entre eux ont consigné leurs observations et résumé leurs travaux que j'ai cru devoir puiser quelques citations en choisissant les passages caractéristiques où chacun d'eux a pour ainsi dire cristallisé sa pensée. J'ai obéi ainsi à cette règle de probité scientifique qui veut que l'on rende hommage à ceux qui, par leurs recherches et leurs efforts ont participé à l'éclosion d'une nouvelle manifestation du génie humain.

Ainsi qu'on l'a dit souvent avec tant de raison, la nature est rebelle et se laisse difficilement arracher ses secrets; c'est à peine à cent trente ans que remonte la révélation de l'existence de l'électricité sous sa forme dynamique par la découverte de l'immortel Galvani. Ce n'est, en réalité, que depuis peu qu'on est parvenu à déchiffrer l'énigme qui a pesé si longtemps sur le phénomène du vol des oiseaux dont l'imitation avait été déclarée longtemps impossible par suite de l'erreur de Navier, membre

de l'Académie des Sciences, sur laquelle nous nous expliquerons plus longuement. Pour la détruire, il a fallu la hardiesse et le jugement logique de contradicteurs tels que MM. Dubochet, d'Esterno, Ch. de Louvrié, Goupil, etc. Aussi nous a-t-il paru nécessaire de montrer comment peu à peu s'est dégagée dans l'esprit la compréhension récente du vol plané, dont cependant le cerf-volant, de création si ancienne, aurait pu fournir une explication approchée.

Sans entrer dans de longues considérations théoriques, ce qui était impossible dans des conférences, nous nous sommes efforcé de faire saisir comment le déplacement dans l'espace d'une surface plane ou encore mieux incurvée en air calme ou même par un vent modéré, détermine par la résistance qu'elle rencontre de la part du fluide une réaction verticale permettant de faire échec à la pesanteur. C'est là tout le principe des aéroplanes, appareils qui permettent de réaliser le plus lourd que l'air en combinant de la façon la plus simple l'effet des plans sustentateurs avec l'action d'un engin de propulsion, solution beaucoup plus simple que celle que demandent certains inventeurs aux hélicoptères (appareils à hélices horizontales) ou aux orthoptères (appareils à ailes battantes).

N'aurions-nous obtenu que ce résultat de détourner les chercheurs d'une fausse voie et les soustraire aux déboires et aux mécomptes qui les guettent fatalement, que nous considérerions notre rôle d'initiateur comme n'ayant pas été inutile.

Cette publication est illustrée par de nombreuses figures et images photographiques, et comprend certaines parties que le temps n'avait pas permis de développer en une seule conférence et qui l'ont été dans des conférences diverses faites par l'auteur à la Société française de Navigation aérienne, à la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale et enfin à la Société française de Physique.

Les clichés utilisés dans le présent ouvrage sont dus à l'obligeance de M. Rol, éditeur-photographe, 4, rue Richer, qui a bien voulu en autoriser la reproduction.

Le

Problème de l'Aviation

Sa Solution par l'Aéroplane

Préambule.

Messieurs,

Est-il à l'heure présente un sujet plus passionnant que celui dont je vais vous entretenir, grâce à l'amabilité qu'a eue le distingué Directeur du Conservatoire, M. Bouquet, de me demander une conférence sur l'aviation? Il m'a fait là un grand honneur, dont je sens tout le prix, puisque le Conservatoire des Arts et Métiers, une des plus belles institutions de la Révolution française, ne s'est jamais adressé pour ses cours, comme pour ses conférences, qu'à des hommes, savants ou professeurs, qui occupent une grande situation dans le monde scientifique.

Je dois peut-être cette faveur, car je suis loin de prétendre au monopole de la compétence sur cette intéressante question, au nom que je porte et qui, par les ouvrages techniques de mon oncle et de mon père, a acquis une notoriété dont j'ai le droit d'être fier. Mais on a plutôt sans doute pensé à ma situation de plus ancien membre, avec M. de Fonvielle, de la Société française de Navigation aérienne, dont je fais partie depuis que mon regretté ami, le Dr Hureau de Villeneuve, l'avait un peu après 1870, reprise des mains du vicomte Ponton d'Amécourt, un des apôtres de la locomotion aérienne.

J'ai donc pris part depuis 35 ans aux travaux de cette Société à côté d'hommes éminents comme Janssen, l'astronome dont on déplore la perte récente, le savant physiologiste Paul Bert, ancien ministre de l'Instruction publique, le professeur Marey, auteur du plus complet ouvrage sur le vol des oiseaux, le grand chimiste Berthelot et Alfred Cornu, professeur de physique à l'École Polytechnique. Je n'aurais garde d'oublier, parmi ceux qui ne sont plus, M. Hervé-Mangon et le colonel Laussedat, qui furent tous deux directeurs de l'établissement dans lequel nous nous trouvons réunis.

Parmi les vivants, je suis heureux de citer tout d'abord M. Wilfrid de Fonvielle, notre doyen, qui a consacré toute sa vie à la science de l'aérostation et a fait plusieurs ascensions d'un grand intérêt scientifique, M. le prince Roland Bonaparte, à qui j'ai eu l'honneur de succéder lors de ma première présidence à la Société, et plus récemment mon ami Paul Regnard, ingénieur distingué, M. Balsan, M. Bordé et enfin M. Léon Lecornu, professeur de mécanique à l'École Polytechnique. Il m'est infiniment agréable d'avoir comme successeur M. Berget, professeur de météorologie à la Sorbonne.

Si je me permets cette énumération, c'est pour montrer combien d'esprits remarquables, dédaignant les incrédulités et les railleries auxquelles ils étaient en butte, ont conservé leur foi dans l'avenir de l'aéronautique. Hélas, la plupart ont disparu avant d'assister au triomphe de l'aviation, et parmi eux mon camarade le colonel Renard, fondateur du parc d'aérostation de Chalais-Meudon, qui, dans un de ses derniers mémoires à l'Académie, avait prévu le jour où l'aviation cesserait d'être une chimère. Il n'a pas été témoin de l'épreuve de M. Santos-Dumont, le premier des humains quittant le sol avec son aéroplane; moins heureux que le prophète hébreu, il n'a pas vu la Terre promise!

Exposé.

Mais j'ai hâte d'entrer en matière. Aussi bien le sujet que je vais aborder est vaste et exigerait certainement plusieurs conférences pour le traiter avec tous les développements nécessaires. Déjà, plusieurs de mes confrères en aviation, en particulier M. Tatin et le capitaine Ferber, ont commencé des cours qui comprendront plusieurs leçons. Loin de moi l'intention de suivre leur exemple, et je resterai dans les limites d'une conférence, c'est-à-dire qu'au lieu d'un tableau poussé au fini avec le pinceau, dans les plus petits détails, je me bornerai à vous tracer, comme au crayon, une esquisse que j'essaierai de rendre assez nette pour fixer dans votre esprit la physionomie générale et les traits principaux du sujet. Cette tâche me sera singulièrement facilitée par les projections photographiques et cinématographiques des vues que je ferai dérouler devant vous, grâce à l'obligeance de M. Gaumont, toujours prêt à seconder ceux qui ont recours à cette merveilleuse invention du cinématographe, pour aider à la diffusion des progrès modernes de la science et de l'industrie.

Cependant, tout en laissant à l'écart les démonstrations purement mathématiques, ce qui serait de nature à effrayer la partie la plus charmante de mon auditoire, je chercherai par des explications très simples, mais non dépourvues d'un certain caractère technique, à faire ressortir pourquoi ce n'est qu'après des milliers de siècles que l'homme vient d'arriver seulement à résoudre un problème longtemps considéré comme une utopie. Bien qu'il s'agisse de navigation aérienne, je ne voudrais pas encourir le reproche de n'en avoir parlé qu'en l'air.

Il n'y a pas loin de cinquante ans que M. Babinet, un des premiers partisans de la locomotion aérienne par l'hélice, était regardé comme un original, sinon comme un fou, par ses collègues de l'Académie des Sciences. Par un revirement qui est une des formes de cette justice immanente que proclamait Gambetta, non seulement nous ne repoussons plus, ainsi que le disait

M. Darboux, l'éminent secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, les communications relatives aux ballons dirigeables et aux appareils d'aviation, mais nous les accueillons volontiers, et, pour les examiner avec soin, nous avons nommé une commission spéciale. Tout ce qui touche à l'aéronautique a donc reçu de la sorte une consécration officielle et celle-ci s'est accrue des encouragements du Gouvernement, représenté par le Ministre de la Guerre, qui considère les ballons dirigeables, — et il en sera bientôt de même des aéroplanes, — comme des éléments importants et même nécessaires de la défense nationale.

Coup d'œil sur les premières tentatives de dirigeabilité des aérostats.

L'aéronautique comprend deux branches principales : d'une part, l'*aérostation*, soit avec les ballons libres, soit avec les dirigeables, comportant l'emploi d'un gaz plus léger que l'air produisant d'après le principe d'Archimède une poussée verticale annulant l'effet de la pesanteur; et d'autre part, l'*aviation*, tiré du mot *avis* oiseau, avec des appareils dits volateurs pouvant s'élever et se déplacer dans l'espace, en n'ayant recours qu'à des moyens purement mécaniques, c'est-à-dire réalisant ce qu'on appelle communément le plus lourd que l'air. Si ce problème est résolu, bien que non encore arrivé au degré de perfection désirable, c'est qu'on a réussi avant à résoudre un autre problème de mécanique, qui est la construction du MOTEUR PUISSANT ET LÉGER. C'est l'allégement successif des moteurs à mélange tonnant, couramment dénommés moteurs à pétrole, qui a permis d'obtenir des résultats effectifs pour la dirigeabilité des aérostats.

En 1785, deux ans après la célèbre découverte des frères Montgolfier, un lieutenant du génie du nom de Meusnier, devenu plus tard général, et tué au siège de Mayence, conçut le pre-

mier l'idée de diriger un ballon. Fait remarquable, dans les plans qu'on a retrouvés de son projet, il avait d'emblée imaginé la combinaison qu'ont adoptée plus tard les expérimentateurs qui ont visé le même but. Les éléments de cette combinaison sont : la forme allongée de l'aérostat, un propulseur d'une conformation analogue à l'hélice inventée plus tard par Sauvage, pour les bateaux, le ballonnet compensateur à air pour maintenir tendue l'enveloppe du ballon et enfin un gouvernail. Aussi est-ce avec raison que le colonel Renard a signalé Meusnier comme le véritable précurseur de la dirigeabilité des ballons.

Mais ce n'est qu'en 1852 avec Henri Giffard, le célèbre inventeur de l'injecteur, qu'a eu lieu réellement la première tentative sérieuse de dirigeabilité des ballons en employant la vapeur comme force motrice. Pour mémoire, je citerai l'essai, en 1872, de l'ingénieur Dupuy de Lôme, qui chercha à faire manœuvrer à bras d'homme une hélice propulsive; puis ceux que firent, en 1883, les frères Tissandier avec un moteur électrique. Enfin, en 1884, le colonel Renard, alors capitaine, et son collaborateur le commandant Krebs, aujourd'hui directeur des Établissements Panhard et Levassor, réussirent, en employant un moteur électrique et grâce à une structure bien étudiée de l'aérostat et de la nacelle, à faire décrire au ballon *La France* des évolutions presque impératives telles que, malgré un vent d'environ 6 mètres, ils purent le faire revenir au point de départ, c'est-à-dire au parc aérostatique de Meudon, d'où il s'était enlevé dans la direction de Paris. C'est à eux qu'appartient la gloire d'avoir montré les premiers la possibilité de la réalisation pratique de la direction des ballons.

Pourquoi le colonel Renard, après plusieurs ascensions qu'il fit la même année avec le ballon *La France* et auxquelles participa le commandant Renard son frère, n'a-t-il pas recommencé et répété ses essais de dirigeabilité? Il ne m'appartient pas d'en rechercher et d'en indiquer ici les causes. Je me bornerai à dire que le savant officier du génie pensait toujours à la même question puisque, jusqu'à la fin de sa vie, il n'a cessé d'y travailler, s'ingéniant d'abord à perfectionner la production de l'électricité pour arriver à un générateur moins pesant, puis à combiner et expérimenter un système de chaudière à vapeur

qui, sous un faible poids, permettrait d'alimenter un moteur de grande puissance.

S'il n'y avait à redouter les dangers provenant du foyer qui serait formé de brûleurs à pétrole, et s'il ne fallait considérer le poids de l'eau à emporter, bien supérieur à celui de l'hydrocarbure liquide, le moteur à vapeur, par sa souplesse, présenterait évidemment des avantages sur les moteurs à pétrole.

Rappel de l'épreuve du prix Deutsch gagné par M. Santos-Dumont.

Le problème de la dirigeabilité, tenté infructueusement dix ans avant par le comte Zeppelin, avait, vers le commencement du siècle, séduit l'imagination du jeune Brésilien dont le nom est dans toutes les bouches; j'ai nommé M. Santos-Dumont. C'est lui qui, après un certain nombre de tâtonnements suivis avec une ténacité et une persévérance incroyables, eut l'audace de mettre franchement à bord de la nacelle d'un aérostat en forme de cigare, et muni du ballonnet du général Meusnier, un moteur à pétrole actionnant une hélice. On sait que, avec son aérostat n° 6, il remporta le prix fondé par M. Deutsch (de la Meurthe), dans un concours auquel il se présenta seul et dont le programme consistait, en partant des coteaux de Saint-Cloud, à se diriger vers la Tour Eiffel, à la doubler et à revenir au point de départ en une demi-heure. Je me rappelle encore l'émotion poignante qui m'a saisi lorsque je suivais, de la station des coteaux de Saint-Cloud, la marche du frêle esquif à travers l'espace, et quelle angoisse s'est emparée de moi, comme de tous les spectateurs, quand il a disparu derrière la Tour Eiffel contre laquelle un coup de vent a failli le briser. Ce fut un cri d'enthousiasme qui sortit de toutes les poitrines quand nous vîmes arriver l'aérostat, après un laps de temps de 29′40″, au zénith du point d'où il était parti, en touchant la terre avec le guide-rope.

Comme il avait mis 40″ environ pour atterrir, c'est-à-dire qu'il avait dépassé la demi-heure de 20″, plusieurs membres de la Commission d'aérostation scientifique contestèrent au courageux aéronaute qu'il eût bien rempli toutes les conditions du programme. Je fus parmi les assistants qui, interprètes de l'opinion publique, insistèrent énergiquement pour faire proclamer sa victoire.

Sans diminuer en aucune façon le mérite qui revient à ceux qui montaient le ballon *La France*, et ramenèrent, eux aussi, l'aérostat au point du départ, mais sans avoir eu à satisfaire à des conditions imposées antérieurement, j'ai pu déclarer avec raison que, dans la circonstance spéciale du concours du prix Deutsch, où le but et la durée du parcours étaient assignés d'avance, **M. Santos-Dumont avait bien maîtrisé l'espace et le temps.**

Depuis le 19 octobre 1901, qui marque cette date mémorable, M Santos-Dumont a fait d'autres évolutions avec son dirigeable, mais sans améliorer sensiblement son appareil. En effet, il faut reconnaître que, au point de vue technique, et surtout sous le rapport de la stabilité, il y avait encore beaucoup à faire, et c'est ici qu'il faut payer un juste tribut d'éloges à M. Julliot, l'habile ingénieur, qui, sous l'impulsion et avec l'appui financier de MM. Lebaudy frères, a, en 1902, construit le ballon *Le Jaune* puis le ballon *Patrie*. S'inspirant pour ces deux aérostats des indications de ses devanciers et faisant avant tout œuvre de technicien, il a su établir d'une façon rationnelle l'architecture de l'appareil et grouper avec art les organes de propulsion et ceux de direction qui constituent l'empennage de façon à supprimer le tangage et le roulis du navire aérien à travers l'atmosphère.

Vous avez tous admiré les belles randonnées du dirigeable *Patrie*, notamment celle de son voyage de Moisson à Verdun où malheureusement il devait terminer une carrière si bien commencée. Un violent ouragan l'arrachant aux mains de ceux qui tenaient les amarres l'a entraîné dans une course folle au-dessus de la Manche et de la Grande-Bretagne d'où il a été vu pour la dernière fois. Saluons dans cet engin une nouvelle victime des luttes que l'homme entreprend contre les éléments et que sa fin soit un enseignement pour mieux protéger à l'avenir les unités de notre flotte militaire aérienne.

Notre admiration doit également se porter vers le dirigeable la *Ville de Paris*, dont la construction est due à deux ingénieurs distingués, MM. Surcouf et Kapférer, et qui, grâce à un beau geste de M. Deutsch (de la Meurthe) qui en avait fait les frais, est venu à propos remplacer son aîné peut-être perdu dans les mers polaires. Mais les dirigeables n'auront-ils pas bientôt comme auxiliaires les aéroplanes qui, dans l'océan aérien, seront par rapport à eux ce que sont les torpilleurs par rapport aux cuirassés ?

Déjà Victor Hugo avait prévu dans son admirable lettre à M. Nadar, l'insuffisance des ballons ordinaires qui sont le jouet des vents. Cette lettre a été récemment exhumée par M. Claretie, l'éminent académicien, dans une de ses intéressantes chroniques du journal *Le Temps* sur la vie à Paris, et je ne puis résister au plaisir d'en citer après lui un des passages marquants :

. . . .

« L'homme n'accepta point cet outil dans le sens où la Providence le lui donnait. La première idée qu'eut l'homme fut d'employer l'aérostat à la guerre. La machine de paix refusa.

« Il est curieux de voir aux sièges de Maubeuge, de Charleroi et de Mayence, sa résistance opiniâtre. Deux cordes, tenues chacune par un groupe de 32 soldats, faisaient effort pour assujettir l'aérostat. L'aérostat, cabré, entraînait les 64 hommes. Au siège de Mayence, il brisa contre terre les planches de la nacelle. Guyton de Morveau : disait « Fixons-le avec des câbles. » Monge répondait : « Il les rompra. » — Le ballon indomptable déconcertait l'Institut. Enfin, un homme, qui était le génie même de la guerre, survint. Bonaparte comprit que l'aérostat ne voulait pas de lui. Il emporta en Égypte le ballon de Sambre-et-Meuse, mais ne s'en servit point. Consul, il supprima les « aérostiers ».

Napoléon n'aurait certainement pas pris cette décision s'il avait connu les dirigeables. Mais il fallait attendre plus d'un siècle avant qu'ils devinssent une réalité.

Il reste donc acquis que c'est M. Santos-Dumont qui a réouvert la voie de la recherche de la dirigeabilité et qui, nouveau Sigurd, a réveillé, — et je peux me permettre cette comparaison, — cette Walkyrie qui dormait depuis seize ans dans le parc de Meudon, et l'a ranimée pour aller avec elle à la conquête de l'air.

C'est encore M. Santos-Dumont qui aura donné l'élan pour

faire faire un pas décisif au problème de l'aviation. En effet, le jeune Brésilien ne s'était pas endormi sur ses lauriers, et laissant de côté le ballon dirigeable, il était revenu au ballon libre pour prendre part au concours de la Coupe Gordon-Bennett qui a eu lieu l'année dernière. Il avait adapté à sa nacelle un moteur avec deux hélices afin de pouvoir se maintenir plus longtemps sans perdre de lest. Tous ceux que le sport aéronautique intéresse savent qu'il n'a pas réussi, car un accident arrivé à son mécanisme l'obligea à atterrir sur la côte de Normandie, au moment où il allait traverser la Manche. Mais c'est le cas de dire qu'à quelque chose malheur est bon, puisque c'est à la suite de cet insuccès que M. Santos-Dumont, changeant son fusil d'épaule, a abandonné l'aérostation pour s'adonner à l'aviation où il devait, du premier coup, triompher magistralement.

Description de l'aéroplane de M. Santos-Dumont et récit de l'expérience dans le concours de la coupe Archdeacon.

Avant d'énumérer les résultats des essais auxquels s'est livré l'audacieux aviateur, car c'est maintenant le nom qui doit remplacer celui d'aéronaute, il convient de décrire l'appareil planeur qui lui a permis de **s'élever du sol par ses propres moyens**, à la manière de l'oiseau, c'est-à-dire en réalisant le principe du plus lourd que l'air.

Tous ceux qui me font l'honneur de m'écouter ont certainement vu dans les journaux illustrés l'image du nouvel aéroplane, et peut-être même examiné les plans qui en ont été donnés dans les revues spéciales.

Comme la plupart des aéroplanes imaginés depuis, celui de M. Santos-Dumont peut être comparé à un oiseau (voir fig. 1). C'est en suivant cette comparaison que je vais en donner la

description, d'après la *Revue d'aviation* fondée par M. Buisson, organe spécial de cette branche d'aéronautique, et dont je vous engage à lire les numéros parus jusqu'à ce jour.

Les ailes (comme on le voit fig. 2) sont les deux sustentateurs symétriques à deux plans parallèles, établis d'après le principe

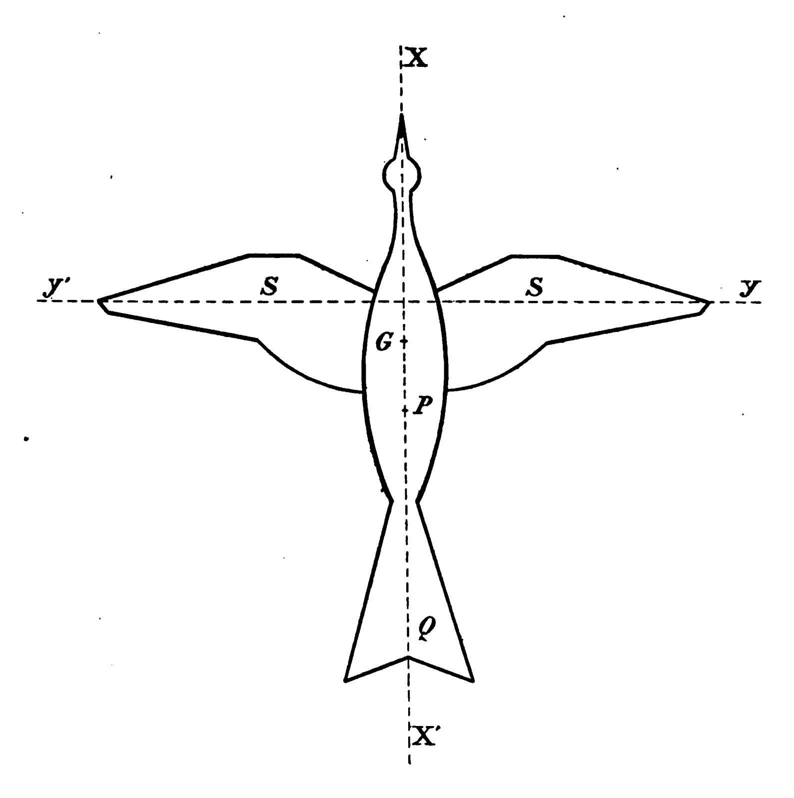


FIG. 1. — SCHÉMA DE L'OISEAU.

S, surfaces propulsives, sustentatrices, directrices; Q, surface directrice destinée principalement à corriger la position du centre de pression par rapport à celle du centre de gravité.

du cerf-volant inventé par l'ingénieur australien Hargrave. Ces ailes, vues par bout, forment un angle dièdre très ouvert et, au-dessous de l'arête commune, se trouve la nacelle figurant le corps de l'oiseau; elle porte le moteur dont l'arbre prolongé actionne l'hélice propulsive, prenant la place de la queue. Devant le moteur est le panier où se tient l'aviateur et, en avant,

est adaptée une poutre effilée représentant le cou allongé de l'oiseau, dont la tête est remplacée par un caisson constituant un gouvernail cellulaire orientable dans les deux sens. Toute l'ossature est formée par des tiges de bambou ou de bois léger,

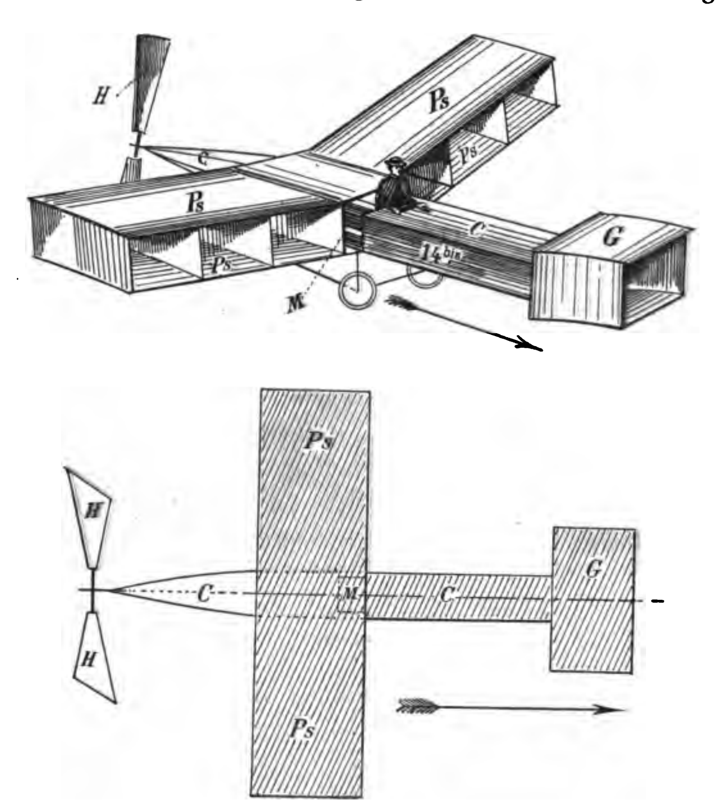


FIG. 2. — FIGURE THÉORIQUE DE L'AÉROPLANE DE SANTOS-DUMONT POUR INDIQUER LA DISPOSITION DES ORGANES DE SUSTENTATION ET DE DIRECTION.

Aéroplane (14bis) Santos-Dumont (système bi-plan) expérimenté avec succès le 12 novembre 1906. — *C*, corps principal; *Ps*, plans sustentateurs; *G*, cellule directrice; *M*, moteur; *H*, hélice propulsive.

et les plans sustentateurs sont maintenus à écartement par des cloisons verticales, le tout raidi au moyen de cordes à piano.

L'hélice qui fournit la propulsion est à deux palettes; elle fait environ 1 500 tours par minute, entraînée par un moteur à pétrole de 50 chevaux dont la description sera donnée plus loin. Les plans ont été dressés par l'ingénieur Levavasseur. D'après ce

dernier, son poids spécifique par puissance de cheval ne dépassait pas 1 kg. 500; mais il faut le considérer en ordre de marche, c'est-à-dire tenir compte du poids de l'arbre prolongé de l'hélice, du carburateur, de la magnéto d'allumage et des supports, soit 125 kilogrammes, ce qui correspond en réalité à 2 kg. 500 par cheval.

La force de traction de l'hélice mesurée au point fixe est de 150 kilogrammes. Le poids total de l'aéroplane est de 300 kilogrammes, en y comprenant le poids du pilote aviateur. Celui-ci,



Cliché Rol.

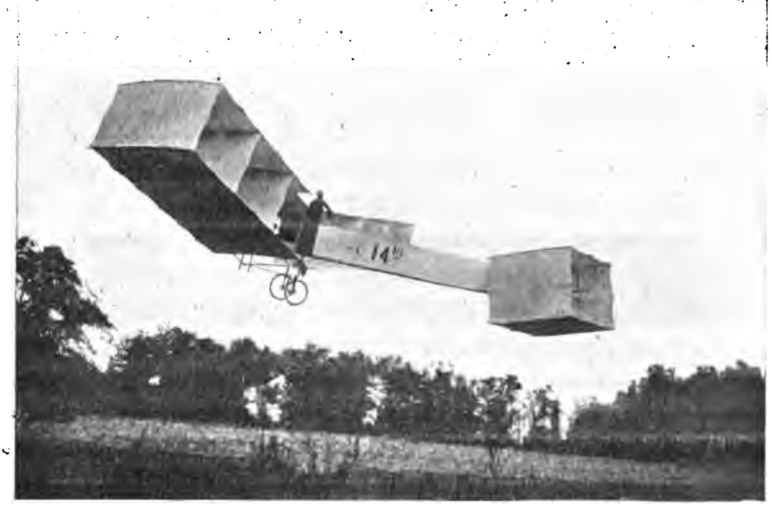
FIG. 3. — VÉRIFICATION DE LA STABILITÉ TRANSVERSALE DE L'APPAREIL SANTOS-DUMONT.

debout dans son panier, commande par un volant les deux câbles qui permettent de faire dévier soit dans un plan vertical, soit dans un plan horizontal le caisson gouvernail qui est, à cet effet, attaché à la poutre effilée par une articulation à la Cardan.

C'est à partir du 10 septembre de l'année 1906 que M. Santos-Dumont commença ses essais avec l'aéroplane. Pour démarrer l'appareil, il l'avait d'abord suspendu à un ballon flotteur, puis il le fit glisser sur un câble au moyen d'une poulie. Mais ensuite il préféra le transporter de son hangar jusqu'à la prairie de Bagatelle au moyen d'un chariot, sur lequel l'appareil reposait par deux roues de vélocipède. C'est sur les deux points de contact de ces roues que l'appareil était équilibré dans le plan vertical. Avant de le monter sur ces roues, on vérifiait la stabilité de l'appareil dans le sens transversal en le plaçant sur un pivot comme une balance.

Il serait trop long d'énumérer les différents essais exécutés par M. Santos-Dumont; arrivons tout de suite au 23 octobre 1906, jour où M. Santos-Dumont parvint à effectuer une véritable envolée d'environ 60 mètres, ce qui lui fit gagner la coupe fondée par M. Archdeacon.

Pour ceux qui désirent connaître par le menu tous les détails des derniers essais de M. Santos-Dumont, je ne puis mieux faire



Cliché Rol.

FIG. 4. — L'AÉROPLANE SANTOS-DUMONT EN PLEIN VOL.

que de les renvoyer à la revue intitulée *L'Aérophile*, qui en a fait le récit très complet, dans le numéro de décembre dernier, sous le titre « NOUVEAU TRIOMPHE DE M. SANTOS-DUMONT ». On sait que cette revue est dirigée avec beaucoup de talent par M. Besançon, le sympathique secrétaire général de l'Aéro-Club.

C'est le 12 novembre 1906 qui fut la journée la plus significative et qui, sous la réserve des expériences si mystérieuses des frères Wright, et sur lesquelles je reviendrai plus tard, doit marquer la date du premier vol artificiel à l'aide d'un appareil à moteur monté par un homme.

Il y eut, dans cette journée, quatre envolées : deux le matin et deux dans l'après-midi, et c'est la dernière qui atteint un parcours de 220 mètres en 21″ 1/5, dépassant la longueur assignée pour l'obtention du prix de 1 500 francs offert par l'Aéro-Club

pour un premier parcours de 100 mètres. Je n'étais pas malheureusement du nombre de ceux qui assistaient à cette épreuve, mais par des témoins oculaires, je sais combien a été vive et émouvante l'impression qu'ils ont éprouvée, quand ils ont vu s'élever de terre, puis planer dans l'espace, un appareil plus lourd que l'air. Cette émotion eût même été partagée par ceux qui, comme moi, par les travaux de la Société française de Navigation aérienne, avaient pu prévoir qu'un pareil résultat serait atteint le jour où l'on pourrait, comme à présent, disposer d'une force motrice considérable sous un faible poids. Il convient de dire ici que la branche de l'aviation devra à celle de l'automobilisme une véritable gratitude, puisque c'est grâce à cette dernière que le moteur à pétrole a pu successivement recevoir des perfectionnements qui l'ont rendu apte à passer de la locomotion terrestre à la locomotion aérienne.

Dans l'expérience de Bagatelle, comme l'a si bien dit M. Lecornu, mon prédécesseur à la présidence de la Société, l'aéroplane Santos-Dumont ne s'est pas seulement élevé du sol, il n'a pas fait de simples bonds, en raison de sa vitesse acquise Mais grâce à l'entretien de cette vitesse par le moteur, il s'est maintenu de lui-même en l'air et a effectué un véritable vol plané. Il a suivi un trajet en ligne droite, légèrement ondulée, dans une direction horizontale, et avec la stabilité qu'il avait lorsqu'il reposait à terre sur ses deux roues, stabilité qu'il a conservée naturellement en se déplaçant dans l'espace sous la poussée de l'hélice.

Dans l'allocution humoristique que M. Archdeacon, un généreux prosélyte de l'aviation, prononçait au banquet offert par l'Aéro-Club à M. Santos-Dumont après sa victoire du 12 novembre, il s'exprimait ainsi, en parlant de ce dernier :

« Notre ami ne s'est jamais piqué d'être ingénieur; c'est un homme qui veut ce qu'il veut, avec une ténacité sans seconde, jusqu'à ce qu'il ait réussi, et il a réussi. » Et il ajoutait : « Oh! maintenant les imitateurs ne vont pas tarder à venir. Je parierais même volontiers que plusieurs d'entre eux déclareront que ce qu'a fait M. Santos-Dumont n'était pas malin, et que si leurs nombreuses occupations le leur avaient permis, ils en auraient fait tout autant. Eh bien! non, messieurs, leur répondrais-je, que ne l'avez-vous fait? »

Oui, dirais-je à mon tour, pourquoi M. Santos-Dumont a-t-il réussi là où tant d'autres avaient échoué? Quelques esprits chagrins et envieux se sont même demandé, comme pour l'expérience de Saint-Cloud avec son dirigeable, où était le mérite du jeune Brésilien en dehors du courage audacieux et de la tenace intrépidité que personne ne lui conteste. — A-t-il fait œuvre de savant ou d'ingénieur? Nullement; ce n'est pas là sa prétention, car il est d'une modestie égale à son grand cœur; c'est avant tout un novateur. — Or, celui qui vous parle est par sa profession et depuis longtemps en relation constante avec les inventeurs; il croit bien les connaître et peut définir ainsi leur caractère : l'inventeur est avant tout un artiste, c'est même un voyant; il regarde sans cesse le but qu'il poursuit et il imagine ou il prend autour de lui les moyens qui doivent lui permettre de l'atteindre. Procédant plus par intuition que par déduction, il a la persévérance, il a la foi, et c'est pour cela qu'il réussit et qu'il dote la société de ces progrès qui le font compter à bon droit parmi les bienfaiteurs de l'humanité.

Comme exemple, je comparerai volontiers M. Santos-Dumont à M. Marconi. Ce dernier a pris dans une main l'oscillateur du célèbre physicien allemand Hertz qui a découvert les ondes hertziennes, dans l'autre le cohéreur de Branly, le savant professeur de la faculté de Lille, et en rapprochant ses deux mains il a créé la télégraphie sans fil. De même, M. Santos-Dumont, prenant d'une part l'aéroplane de Lilienthal avec le cerf-volant cellulaire de Hargrave, et d'autre part le propulseur, c'est-à-dire l'hélice avec le moteur à pétrole, a, en les combinant, constitué le premier aéroplane se mouvant dans l'air. Mais, pour bien se rendre compte du pas énorme franchi grâce à cette heureuse combinaison, il n'est pas inutile de jeter un regard rétrospectif sur le passé.

Aperçu historique des tentatives des partisans de l'aviation. Premières études sur le vol des oiseaux.

Aussi loin que l'on remonte dans le cours des âges, on constate qu'une des idées qui ont le plus hanté le cerveau humain a été le désir de s'élever dans les airs en imitant l'oiseau. Qui de nous n'a rêvé qu'il était soulevé et qu'il planait dans l'espace? Généralement on se réveille au moment où on retombe sur le sol.

L'histoire a retenu un certain nombre de tentatives presque toutes malheureuses, faites par des imprudents dont l'ancêtre mythologique est Icare, le fils de Dédale. On sait, par le récit fabuleux des *Métamorphoses* d'Ovide, que c'est en voulant voler trop près du soleil, malgré les recommandations de son père, que l'infortuné Icare sentit fondre la cire qui attachait ses ailes et fut précipité dans la mer où il disparut. Trop souvent la chaleur solaire a fait éclater des ballons par suite de la dilatation brusque du gaz.

Les dieux de l'Olympe reposant sur les nuages, sortes de ballons à vapeur d'eau sans enveloppe, donnent l'image du plus léger que l'air, c'est-à-dire de l'aérostation, tandis que Mercure, avec ses ailes aux pieds, symbolise l'aviation comme Icare, comme Eros lorsqu'il enlève Psyché, comme les anges et les archanges et aussi comme les chevaux ailés des Walkyries de la mythologie scandinave.

Dans l'antiquité, la fiction commence à se rapprocher de la réalité avec l'essai qu'on attribue à l'Indien Hanouman; c'est peut-être là l'indice des génies ailés qui peuplent si souvent la légende hindoue et apparaissent si fréquemment dans les *Contes des Mille et une Nuits*.

Aulu-Gelle, dans ses *Nuits attiques*, mentionne le récit du philosophe Favorinus ayant trait à l'invention de la colombe en bois d'Archytas de Tarente, ami et contemporain de Platon (IVe siècle avant J.-C.). Il est considéré comme l'inventeur du cerf-volant.

Au moyen âge, on cite un assez grand nombre d'exemples d'hommes audacieux voulant renouveler la tentative d'Icare et qui, presque tous, sont victimes de leur témérité.

Léonard de Vinci est le premier qui ait fait une étude sérieuse du vol des oiseaux. Dans le fac-similé du manuscrit, traduit et publié par M. Ravaisson-Mollien, on voit que le célèbre peintre, homme de génie universel, à la fois physicien, chimiste, ingénieur, a analysé, d'une manière assez scientifique pour l'époque, tous les phénomènes du vol, en appuyant ses démonstrations de dessins dont le coup de crayon n'a pas lieu de nous surprendre de la part du grand artiste. — Il insiste particulièrement sur l'influence que peuvent avoir, dans l'acte du vol, le déplacement du centre de pression par rapport au centre de gravité, la déformation et le degré de flexibilité des ailes. Il étudie le rôle et les mouvements de la queue et de l'épaule, qui provoquent le déplacement des points d'insertion des ailes; il établit, comme l'a fait ressortir plus tard M. Hureau de Villeneuve, que l'oiseau, étant plus lourd que l'air « s'y soutient et avance » EN RENDANT LE FLUIDE PLUS DENSE LÀ OU IL PASSE QUE LÀ OU IL NE PASSE PAS « indiquant déjà par ce texte que l'animal, pour voler, doit prendre son point d'appui sur l'air ».

Il serait injuste de ne pas citer Borelli, le physiologiste italien, continuateur de Léonard de Vinci, qui a publié en 1680 un ouvrage extrêmement curieux intitulé *De motu animalium*, donnant une théorie purement mécanique de l'action des ailes, qui repose sur celle du coin. Lorsqu'on fait pénétrer un coin dans un corps, il tend à séparer celui-ci en deux; réciproquement la réaction du corps sur les faces du coin tend à repousser celui-ci en arrière, la base en avant. L'auteur s'efforce de prouver qu'un oiseau s'insinue dans l'air par la vibration perpendiculaire de ses ailes, les ailes pendant leur action formant un angle dont la base est dirigée vers la tête de l'oiseau, le sommet vers la queue.

« Si donc, dit Borelli, l'air placé sous les ailes est frappé par les parties flexibles de ces dernières avec un mouvement vertical, les voiles et les parties flexibles céderont dans une direction ascendante, et formeront un coin, ayant la pointe dirigée vers la queue. Que l'air, donc, frappe les ailes par-dessous, ou que les ailes frappent l'air par-dessus, le résultat est le même, LES

BORDS POSTÉRIEURS OU FLEXIBLES DES AILES CÈDENT DANS UNE DIRECTION ASCENDANTE, ET EN AGISSANT AINSI POUSSENT L'OISEAU DANS UNE DIRECTION HORIZONTALE.

Je ne fais qu'indiquer les fantaisies de Cyrano de Bergerac, rendu célèbre par le beau drame de M. Rostand, et les tentatives infructueuses du père Barthélemy Lorenço, que le Brésil regarde comme le précurseur de M. Santos-Dumont.

Au XVIII[e] siècle, où les progrès des sciences montrent l'inanité des recherches faites par les hommes volants, les essais dans cet ordre d'idées tombent dans la caricature.

Parmi les hommes volants, le dernier qui mérite d'être signalé est Blanchard (1782). Bien que ces téméraires expérimentateurs aient généralement échoué, et il ne pouvait en être autrement, la force de l'homme n'étant pas suffisante soit pour effectuer un battement d'ailes, soit pour imprimer à une surface très étendue attaquant l'air la vitesse nécessaire à la sustentation, il n'en faut pas moins, que leurs essais soient parvenus ou non jusqu'à nous, envoyer à ces audacieux précurseurs de l'aviation un hommage de reconnaissance. — Quel que soit le sentiment qui les ait animés, le feu sacré qui brûlait en eux explique qu'ils se soient exposés à des tentatives dont l'issue a été trop souvent fatale. Leur foi, poussée jusqu'au paroxysme, allait jusqu'à leur faire oublier le danger et la douleur. J'en cite comme exemple le bénédictin Olivier de Malmesbury qui, après s'être lancé d'une tour, muni de ses ailes, se cassa les jambes en tombant et dont le premier mot fut de s'écrier que ce malheur ne lui serait pas arrivé si on n'avait pas oublié de lui attacher la queue devant compléter son costume d'oiseau. Mais, comme l'a dit un philosophe anglais, après le succès, ce qui est le plus utile pour les chercheurs c'est l'insuccès, car il enseigne encore ce qu'il y a à ne pas faire.

C'est pourquoi il y a eu peu d'imitateurs pour recommencer de pareilles épreuves dans des conditions si naïves et si hasardeuses.

La célèbre découverte des frères Montgolfier en 1783 arrêta net ces essais infructueux d'appareils volants, en fournissant à l'homme, grâce au principe d'Archimède, un moyen si commode de s'élever et de se maintenir dans l'air avec un gaz de plus faible densité. Les ascensions de Pilâtre de Rozier et du marquis d'Arlande, et du physicien Charles, etc., provoquèrent chez

leurs contemporains un enthousiasme indescriptible pour cette découverte que plus tard, dans une boutade qui n'est pas dépourvue d'une certaine vérité, Nadar considéra comme un recul pour la solution du problème de la conquête de l'espace par le plus lourd que l'air.

C'est grâce à un esprit éclairé et passionné pour cette question, M. le Vicomte de Ponton d'Amécourt, dont le nom ne saurait rester dans l'oubli, que la recherche du problème par le plus lourd que l'air occupa de nouveau l'attention vers 1860. Sous sa direction, furent rédigés un certain nombre de *Mémoires sur la locomotion aérienne sans ballon,* parmi lesquels je signalerai ceux de M. Landur, mathématicien distingué, de M. Paul de Morenes, de M. Liais, astronome, et enfin de M. Babinet que j'ai déjà cité et qui, pour la dernière fois de mon temps, remplissait les fonctions d'examinateur de sortie de l'École Polytechnique. Les auteurs de ces mémoires démontrent d'une façon très claire la possibilité de résoudre le problème de l'aviation à la condition que l'on puisse disposer d'un moteur léger et puissant.

Études faites sous la direction de M. de Ponton d'Amécourt.

Dans la collection des anciens appareils de la Société française de Navigation aérienne, j'ai pris le petit modèle que vous avez devant vous et qui a été construit sur les indications de M. Babinet pour M. de Ponton d'Amécourt. Cet appareil (voir fig. 5) consiste en une machine à vapeur alimentée par une chaudière à serpentin que chauffe une lampe à alcool et en deux hélices qui doivent tourner en sens contraire. La vapeur actionne le moteur composé de deux courts cylindres à piston, communiquant un mouvement rotatif à l'arbre vertical et au manchon qui portent les deux hélices. Je doute que le poids de cet appareil par rapport au faible travail développé lui ait permis de s'élever, à moins de le séparer du foyer. Il n'en reste pas

moins un souvenir historique intéressant des conceptions mécaniques de cette époque, on pourrait dire une sorte de relique scientifique.

Je ne puis résister au plaisir de citer ici quelques passages

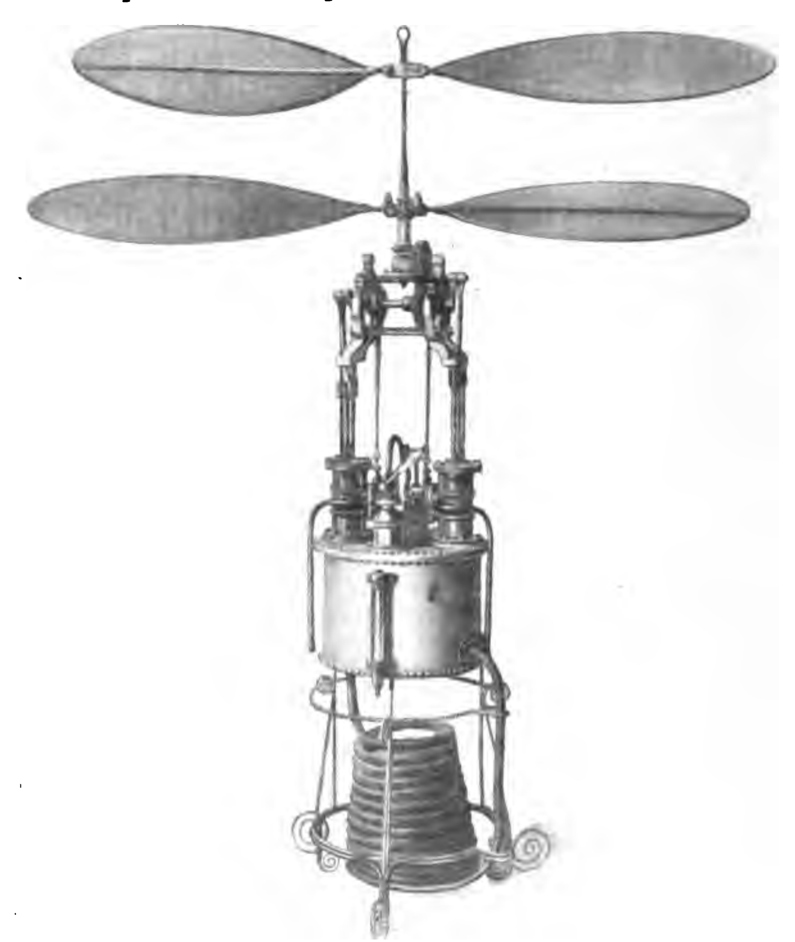


FIG. 5. — HÉLICOPTÈRE DU VICOMTE PONTON D'AMÉCOURT.

du mémoire humoristique intitulé : *La Conquête de l'air par l'hélice* exposé fait il y a cinquante ans d'un système d'aviateur par M. le vicomte de Ponton d'Amécourt.

« Je viens, écrit-il au début de ce travail, réclamer une place dans le calendrier de M. Babinet et dire ce qui peut être fait, ce

que j'ai fait et ce qui reste à faire pour résoudre complètement le problème de la navigation aérienne, dompter le vent, se faire un piédestal de l'élément qui produit l'ouragan, comme on s'est fait un manœuvre et un courrier de l'élément qui produit la foudre, étendre sur l'atmosphère la domination que l'homme exerce sur les continents et sur les mers, planer comme l'aigle, monter verticalement comme l'alouette, raser la terre comme l'hirondelle, dévorer l'espace comme le projectile avec 400 mètres de vitesse par seconde. »

Plus loin : « Comment donc l'oiseau vole-t-il? En appuyant sur l'air ses ailes étendues. L'air est donc un point d'appui? Oui, un point d'appui fugitif, mais aussi réel que la matière solide, pourvu qu'on l'empêche de fuir ou qu'on l'atteigne avant qu'il s'échappe, UN POINT D'APPUI ÉLASTIQUE, ET PARTANT PLUS SÛR QUE LA MATIÈRE SOLIDE, PUISQU'IL N'OFFRE PAS LE DANGER DES CHOCS. »

Comparant ensuite les organes qui peuvent être employés pour agir sur l'air, il explique en ces termes pourquoi on doit donner la préférence à l'hélice :

« L'hélice agit en plongeant entièrement dans le fluide qui sert de point d'appui, ce que la roue à aubes ordinaire ne saurait faire. Elle agit sans intermittences, ce qu'on ne saurait obtenir d'ailes analogues à celles de l'oiseau ; elle peut, dans toutes les parties de sa structure, contribuer à sa destination. Ces avantages nous portent à croire que c'est un des meilleurs organes que nous puissions employer. »

Aujourd'hui le pronostic de M. de Ponton d'Amécourt est justifié par l'aéroplane, tout au moins la démonstration est-elle faite : qu'un homme peut s'élever dans l'air avec un moteur convenable. Mais l'aéroplane doit-il être la meilleure forme des machines volantes?

Classification des appareils d'aviation.

On peut ranger en trois classes les volateurs, c'est-à-dire les machines qui doivent réaliser l'aviation : les **orthoptères**, les **hélicoptères**, les **aéroplanes**.

Les partisans des orthoptères cherchent, à l'instar des oiseaux, à se soutenir dans l'air par des ailes battantes. Je crois qu'ils font fausse route, car, pour la locomotion aérienne comme pour la locomotion terrestre, il ne faut pas copier servilement la nature; le mouvement continu doit remplacer le mouvement alternatif; les voitures ont des roues et non des jambes.

Pour les hélicoptères, dans lesquels on demande à l'hélice tournant sur un axe vertical de produire l'ascension avant la translation, je doute qu'ils puissent donner des résultats sérieux, malgré les persévérants essais faits par M. Léger, ingénieur des Arts et Manufactures avec l'appui de M. le prince de Monaco, tant qu'on n'aura pas trouvé l'hélice donnant le meilleur rendement.

C'est donc à la classe des aéroplanes, comme vient de le prouver d'une façon si saisissante M. Santos-Dumont, qu'il faut donner la préférence pour les volateurs.

Résumé par M. Pénaud des principaux travaux sur l'aviation antérieurs à 1874.

Dans les premières années de sa fondation, la Société française de Navigation aérienne consacrait la plupart de ses séances à l'étude du vol des oiseaux, et des discussions s'élevaient entre les partisans des diverses classes de volateurs. Parmi ceux qui prônaient le planement, était M. Pénaud qui, avec M. Hureau de Villeneuve, a obtenu un prix de l'Académie des Sciences pour son remarquable travail sur la théorie du vol.

Dans la séance du 24 février 1874, à laquelle je me rappelle avoir assisté, M. Pénaud a fait un exposé magistral de la question en résumant, comme rapporteur, les travaux présentés par différents membres dans l'année précédente. Il commençait par tracer un historique rappelant que déjà en 1784, Huber, celui qui a étudié les mœurs des abeilles, et Dubochet en 1834, avaient

indiqué, qu'avant tout, LE VOL ÉTAIT UN GLISSEMENT et fait remarquer que l'oiseau s'envole tête au vent. M. Liais, contemporain de M. de Ponton d'Amécourt, avait montré de son côté combien on se trompait en assimilant la résistance de l'aile de l'oiseau dans un battement sur place à celle d'un plan choquant l'air normalement d'un mouvement uniforme et continu, et montré que, dans le premier cas, il y a une masse d'air considérable brusquement agitée, tandis que, dans le deuxième cas, c'est une masse d'air assez limitée déjà en action et dont il s'agit d'entretenir le mouvement.

M. de Lucy, dans un article dont Marey a cité plusieurs passages, insiste sur ces faits et sur l'action spéciale du battement. — M. d'Esterno, dans son ouvrage sur le vol des oiseaux, note avec soin qu'au départ les battements sont rapides et étendus et que l'oiseau cherche avant tout à gagner de la vitesse. — M. Hauvel, qui fut un des membres les plus assidus de la Société française de Navigation aérienne, et qui a fait des travaux personnels dénotant une véritable compétence, avait mis en évidence, à la même époque, les résultats très précis obtenus par Thibault sur le mouvement oblique des surfaces minces dans l'air, montrant la résistance considérable qu'elles éprouvent dans ce cas. M. de Louvrié a également fait ressortir cette théorie dans plusieurs articles parus dans *L'Aéronaute* de 1868 et dans *Les Mondes*.

M. Pénaud, au sujet du vol, a discuté les considérations de Morin, Didion, Poncelet, Duchemin, etc., sur le mouvement accéléré, la résistance au départ et l'influence du mouvement circulaire. Il a fait voir, en les appliquant dans ses calculs, comment l'oiseau pouvait se soutenir avec des battements peu nombreux et un travail restreint, et montré l'erreur de ceux qui ont voulu expliquer le vol seulement par la résistance qu'un plan éprouve, en se mouvant normalement dans l'air, d'une marche uniforme, erreur qui date de Lalande, et subsiste encore malheureusement, dans quelques esprits peu au courant de la question, après avoir passé par Navier, André, le P. Thomas, etc.

Wenham (1866) (*Report of the Aeronautical Society*) dit que dans le vol sur place, le volateur agit toujours sur la même colonne d'air, tandis qu'en plein vol IL RENCONTRE A CHAQUE INSTANT DE NOUVELLES COUCHES S'APPUYANT AINSI DANS UN TEMPS DONNÉ

SUR UNE MASSE D'AIR BIEN PLUS CONSIDÉRABLE, CAPABLE DE LUI DONNER UN POINT D'APPUI SOLIDE. Il a également montré qu'une hélice à pas très court, n'ayant que deux branches très étroites, agit presque comme la surface entière du cercle qu'elle parcourt.

De son côté, le physiologiste anglais, Pettigrew, dans son remarquable ouvrage sur la locomotion animale, a démontré que l'aile de l'oiseau, dans un double battement, attaque l'air, sous des angles constamment différents. Le centre de pression décrit une lemniscate ou un huit allongé et l'inclinaison de la surface alaire est plus grande à la remontée qu'à l'abaissement, de telle sorte que dans la première phase l'aile est entièrement active et le corps passif; c'est l'inverse dans la seconde phrase.

Parmi les auteurs signalés par M. Pénaud, je crois qu'il convient de s'arrêter plus particulièrement sur le travail de M. Dubochet, publié en 1834 sous le titre : *Recherches sur le Vol des oiseaux et l'Art aéronautique*.

Après celles de Léonard de Vinci et de Borelli, ces recherches jettent une véritable lumière sur la question.

Théorie de M. Dubochet.

M. Dubochet, dans son intéressant ouvrage, après avoir présenté l'état des connaissances à son époque sur le mécanisme du vol des oiseaux, en remontant aux temps les plus anciens, discute les opinions de Navier en insistant particulièrement sur un travail de M. Chabrier.

Son mémoire comprend : 1° l'exposé d'observations sur le vol des oiseaux; 2° une théorie établie sur ces observations et sur les lois physiques; 3° la discussion des théories opposées à la sienne; 4° l'indication d'appareils applicables à la navigation aérienne et 5° la discussion des puissances motrices.

Il indique dans un rapide aperçu la constitution anatomique des facteurs propres à assurer la stabilité et la dirigeabilité de l'oiseau, tels que l'articulation scapulo-humérale, les pièces osseuses de l'extrémité des ailes, leur forme et la fonction de leurs différentes parties. Il signale le rôle de la queue de l'oiseau, faisant ressortir que cet organe n'a pas, comme beaucoup le croient, un effet actif dans la progression. Il caractérise les genres de vol : vol ramé, vol plané, vol à la voile. Il énonce au début de son livre le principe sur lequel s'appuient désormais ceux qui cherchent à réaliser des appareils plus lourds que l'air.

Dans le vol de l'oiseau, l'effet de la pesanteur est racheté par la décomposition de la force de progression au moyen de l'inclinaison de devant en arrière du plan des ailes. M. Dubochet réfute, d'après ce principe, les travaux de Borelli, les opinions de Nieuwendyt; il fait également un examen critique des idées de Buffon relatives à l'avantage de la convexité des ailes, à l'introduction d'air dans le corps des oiseaux.

Il relève l'erreur que commet ce dernier en formulant au sujet de l'autruche la remarque suivante : « La nature, dit Buffon, s'est prescrit des limites, tout y est limité; un poids de 75 livres, celui de l'autruche, est supérieur à tous les moyens que la nature sait employer; c'est pour cette raison que l'autruche ne peut avoir la faculté de voler. »

« Qu'il me soit permis, dit Dubochet, de faire observer que ce n'est pas le poids de l'autruche, triple de celui du pélican, qui l'empêche de voler. C'est qu'elle n'a point des organes appropriés; si elle avait reçu de la nature un appareil de vol d'une aire triple de celle du pélican, et avec des muscles proportionnés, elle volerait aussi bien et mieux que lui. Les lois naturelles ne sont nullement contraires au vol de grands oiseaux, pas plus qu'elles ne s'opposeraient à l'existence de quadrupèdes comparables en volume aux cétacés. »

Il est intéressant de citer aussi les quelques passages de la quatrième partie de ce mémoire, où l'auteur donne la description de l'appareil plus lourd que l'air qu'il estime le plus propre à réaliser le vol plané :

« La nature a combiné deux actions dans la manœuvre des ailes de l'oiseau; celle de support et celle de rémige : en

employant ces deux effets dans un appareil artificiel, je vois de l'avantage à les séparer.

« Les rémiges ou pennes que j'indique, seront pourvues de la faculté reconnue dans les ailes des oiseaux de présenter dans un sens une surface continue à l'air, et dans la direction contraire, d'ouvrir des portes pour lui servir de passage; les portes de ces rémiges ont une ouverture plus complète, et elles ne doivent offrir qu'une résistance insensible à son passage. Cela permettrait de les maintenir toujours établies tranversalement, avec mouvements alternatifs, l'un de devant en arrière, l'autre de retour à la première position.

« Au lieu de rémiges à portes, on pourrait, mais avec moins d'avantages, employer ces rémiges pleines, agissant à mouvements alternatifs à la partie postérieure de l'appareil. J'ai remarqué une action analogue chez quelques insectes pourvus de plusieurs paires d'ailes, des demoiselles, des sauterelles, etc. Ce dispositif a été adopté par Lilienthal dans ses expériences de glissades dans l'air.

« Le support serait toujours tendu de lui-même et sans travail, sans que la force vive se dépensât comme chez l'oiseau pour procurer cette tension. Il en résulterait une économie considérable de la puissance. Ce support, susceptible de recevoir différentes formes et tendu de lui-même, serait la base principale de cet appareil de vol.

« Il pourrait recevoir d'autres formes susceptibles de remplir la même intention, par exemple une quille en toile tendue de devant en arrière.

« La charge serait suspendue au-dessous comme aux ballons et aux parachutes actuels; mais il faudrait ménager les moyens d'incliner plus ou moins le support, selon la vitesse de la course, afin de décomposer la force de progression et de remonter obliquement sur la couche d'air correspondante.

« On pourrait aussi composer l'appareil volant d'ailes, ayant chacune deux parties distinctes, dont l'une interne pleine ferait principalement l'office de support, et prendrait diverses inclinaisons de plans, et dont la partie externe à portes comme les rémiges ci-dessus, aurait des conversions à pivots, pour produire à volonté une action progressive plus marquée. Mais cette construction, copiant de trop près l'organisation des oiseaux,

nécessiterait une grande perte de puissance pour tenir tendu l'appareil du vol, tandis que, dans l'autre mode, on aurait un support tendu de lui-même, et l'emploi de la force motrice y serait intermittent, ce qui l'économise.

« Le physicien ne doit prétendre imiter jamais cette disposition naturelle du vol des oiseaux, par des combinaisons mécaniques, et c'est pour y suppléer que j'ai proposé de suspendre le poids au-dessous de l'appareil de vol. »

Enfin, dans la conclusion de son livre, M. Dubochet pose cette question : « Pourquoi l'homme sans copier en tous points l'organisation et la manœuvre des oiseaux, ce qui lui est impossible, ne parviendrait-il pas à obtenir des résultats semblables par des procédés mécaniques analogues, fondés sur les mêmes principes physiques et sur l'observation raisonnée des moyens si divers, que la nature a prodigués aux animaux », et l'auteur répond lui-même à sa question, de la manière suivante :

« Depuis l'origine du monde, l'homme voit l'oiseau voler à ses yeux et toujours il a désiré l'imiter. Cependant il n'avait besoin que de pénétrer les causes naturelles du succès de leur appareil, que d'en créer un sur les mêmes principes, qu'il pût appliquer à sa propre organisation. »

Observations particulières de M. Pénaud sur le vol des oiseaux.

M. Pénaud qui a été pendant plusieurs années le membre le plus actif de la Société de Navigation aérienne a démontré le premier l'avantage qu'il y avait à attaquer l'air obliquement, avantage qu'il a développé d'une façon toute spéciale dans un article intitulé : « Loi du glissement dans l'air », publié dans l'*Aéronaute* de 1873. « Pour ce qui regarde le vol, on reconnaît aujourd'hui que l'oiseau dépense beaucoup plus de force dans le vol sur place que dans le vol progressif, pendant lequel il attaque l'air sous un très petit angle, comme on peut s'en assurer en

regardant un oiseau qui vient à soi, CAR ON NE VOIT ALORS A TRÈS PEU PRÈS QUE LA TRANCHE DE SES AILES; ce fait, conclut-il, EST LA CLEF DE L'AVIATION. »

Il a établi à l'appui de ce qui précède le théorème suivant :

« Un oiseau animé d'un mouvement uniforme franchit, en planant, un espace donné avec le moins de chute possible, quand le travail de suspension est sensiblement égal au travail de translation. Le plan des ailes divise alors en deux parties égales l'angle formé par l'horizon et la direction du mouvement, et CET ANGLE LUI-MÊME EST AUSSI PETIT QUE POSSIBLE. »

Puisque j'ai évoqué le souvenir de M. Pénaud, que la mort a trop tôt ravi à la science de l'aéronautique, je crois devoir citer un passage d'un de ses mémoires, dans lequel, avec un talent de véritable poète, il a caractérisé les différentes formes du vol :

« La plupart des observations sur le vol ont été faites simplement en regardant l'oiseau libre dans l'atmosphère. Cette méthode a de grandes qualités, mais elle a de grands défauts.

« Elle permet de saisir des occasions uniques, de surprendre la nature sur le fait.

« Ce n'est qu'en pleine campagne que l'on verra les carrières, les plongées et les ressources du pèlerin, l'épervier traversant un buisson, dont il ressort avec sa proie, la crécerelle fixée au sein des airs, le vol à voile majestueux du vautour et de la buse, qui s'élèvent en décrivant des cercles. C'est autour des vieilles églises que l'on admirera, par un beau soir de juillet, le vol fulgurant des martinets, les ébats faciles du freux. C'est le long des falaises que l'oiseau de mer nous étonnera par les courbes flexibles qu'il sait suivre sur ses ailes étroites, qu'il arque sous lui, et que passera devant nous, comme une flèche bizarre, le plongeon au corps fusiforme. C'est sur la lisière des bois que notre attention sera brusquement éveillée par le départ tumultueux du faisan et de la perdrix, par le sifflement de l'aile du ramier; au crépuscule nous y verrons les hiboux voguer comme des ombres, tandis que le crapaud volant hape un insecte et que la chauve-souris nous frôle en voltigeant. Sur le bord des étangs, c'est une bécassine qui s'enlève par saccades vigoureuses, un martin-pêcheur qui file, un héron qui s'éloigne, paresseusement porté sur ses longues ailes, ou traverse le ciel en croisant les

oies au long cou, qui voyagent en bataille, et des bandes de corbeaux qui regagnent tranquillement leur futaie.

« Ces études, ces spectacles me sont chers, je l'avoue. Que d'heureuses impressions resteront sur la rétine et dans le souvenir, que de grands aperçus naîtront, que de remarques l'on fera, surtout si l'on sait profiter des contrastes et des scintillements que le soleil, prêt à se coucher, produit souvent sur les plumes de l'oiseau et aussi sur les ailes des insectes. C'est ainsi qu'ont dû observer les Cayley, les Huber, les Audubon, les Dubochet, les Macgillivray, les Tessan, les Preschl, les Strauss-Durckeim, les de Lucy, les d'Esterno, les Wenham, etc. »

Traité du docteur Marey sur le vol des oiseaux.

M. le docteur Marey, membre de l'Institut, qui avait déjà fait de très beaux travaux sur la physiologie expérimentale, a appliqué à l'étude du vol des oiseaux la méthode graphique dite « chronographie » qui a l'avantage de respecter l'intégrité des organes et de n'amener aucun trouble dans la fonction qu'elle sert à étudier. Comme il le dit très bien, avec la chronographie les infiniment petits n'échappent plus aux investigations : on inscrit une vibration du diapason, on en enregistre la durée et les phases et cette durée à son tour sert d'unité pour mesurer les actes rapides. — Le millième de seconde battu par un diapason remplace, dans ces mesures, les lentes oscillations du balancier d'une horloge. La chronographie permet donc de mesurer la durée et les rythmes de certains mouvements compliqués de la locomotion animale : la durée et les phases du coup d'aile d'un oiseau par exemple.

Cette méthode est complétée par l'emploi de la photographie instantanée dont l'idée première est due à l'astronome Janssen qui s'en est servi pour l'observation des éclipses, et qui est le point de départ de l'invention du cinématographe.

En résumé la chronophotographie, qui combine la chronogra-

phie et la photographie instantanée, a permis à M. Marey de faire des expériences montrant les déformations des ailes, les mouvements individuels des rémiges, les variations de la vitesse de l'oiseau et la trajectoire des diverses parties de son corps aux divers instants du coup d'aile.

C'est par cette méthode que le savant professeur a poussé aussi loin que possible ce que l'on peut appeler la cinématique du vol.

Il a très nettement distingué et analysé les trois genres de vol distingués déjà par Dubochet : le vol ramé, c'est-à-dire à ailes battantes, le vol plané et le vol à voile. Dans ces deux derniers vols, les ailes déployées ne bougent pas. La différence entre les deux vols réside en ce que, dans le premier cas, l'oiseau en supposant qu'il se meuve dans un air calme, doit être animé d'une certaine vitesse, soit qu'il la produise par un effort musculaire, soit qu'il l'obtienne par la pesanteur en tombant d'une certaine hauteur. Dans le troisième cas, le vol à la voile, l'oiseau est entraîné comme les bateaux sous le vent, et ce sont des courants ascendants qui procurent à l'animal ailé le point d'appui et la propulsion. Il n'a donc aucun travail à faire, tandis que dans le vol ramé le battement des ailes exige une dépense relativement considérable de force musculaire.

C'est le vol plané, préféré par un grand nombre d'oiseaux et particulièrement par les mouettes et les goélands, qui doit surtout fixer notre attention, puisque c'est d'après le même principe que fonctionnent les appareils volateurs de la classe des aéroplanes

---

Expériences de planement ou de glissades par Lebris, Lilienthal, Pilcher, les frères Wright, Herring, Avery, et le capitaine Ferber.

Ainsi que le raconte le capitaine Ferber dans sa note si intéressante publiée dans la *Revue d'Artillerie* sous le titre « Les Progrès de l'Aviation depuis 1901 par le vol plané », c'est en 1867

que Le Bris, un marin qui avait observé le vol de l'albatros dans ses voyages, fit, à Brest, des essais avec des ailes assez grandes pour le porter et partit en cerf-volant, comme l'ont fait plus tard d'autres que je vais signaler. Mais celui qui mérite la place la plus importante parmi ces expérimentateurs qui ont eu le courage de se lancer dans l'espace sur des aéroplanes sans moteur, est sans contredit l'ingénieur allemand Otto Lilienthal qui, dans



FIG. 6. — EXPÉRIENCE D'HERRING, ASSISTANT DE M. CHANUTE.

le cours des années 1893 et 1895, parvint ainsi à effectuer des glissades d'une grande étendue. Il partait d'une tour ou d'un monticule élevé à cet effet et en s'abandonnant à l'action de la pesanteur il obtenait une vitesse suffisante pour parcourir dans l'air une distance qui, de 15 mètres au début parvint dans la suite à dépasser plus de 100 mètres.

Lilienthal était arrivé à cette conclusion que la question de stabilité était tout dans un aéroplane et qu'il fallait la résoudre avant d'y adjoindre un moteur. Après plus de 2 000 glissades de ce genre il échoua dans la dernière; ayant mal calculé son essor et l'action du vent, il fit une chute qui lui coûta la vie

Comme le dit le capitaine Ferber dans la brochure citée précédemment : « L'Anglais Pilcher fut le premier continuateur de

phie et la photographie instantanée, a permis à M. Marey de faire des expériences montrant les déformations des ailes, les mouvements individuels des rémiges, les variations de la vitesse de l'oiseau et la trajectoire des diverses parties de son corps aux divers instants du coup d'aile.

C'est par cette méthode que le savant professeur a poussé aussi loin que possible ce que l'on peut appeler la cinématique du vol.

Il a très nettement distingué et analysé les trois genres de vol distingués déjà par Dubochet : le vol ramé, c'est-à-dire à ailes battantes, le vol plané et le vol à voile. Dans ces deux derniers vols, les ailes déployées ne bougent pas. La différence entre les deux vols réside en ce que, dans le premier cas, l'oiseau en supposant qu'il se meuve dans un air calme, doit être animé d'une certaine vitesse, soit qu'il la produise par un effort musculaire, soit qu'il l'obtienne par la pesanteur en tombant d'une certaine hauteur. Dans le troisième cas, le vol à la voile, l'oiseau est entraîné comme les bateaux sous le vent, et ce sont des courants ascendants qui procurent à l'animal ailé le point d'appui et la propulsion. Il n'a donc aucun travail à faire, tandis que dans le vol ramé le battement des ailes exige une dépense relativement considérable de force musculaire.

C'est le vol plané, préféré par un grand nombre d'oiseaux et particulièrement par les mouettes et les goélands, qui doit surtout fixer notre attention, puisque c'est d'après le même principe que fonctionnent les appareils volateurs de la classe des aéroplanes

---

Expériences de planement ou de glissades par Lebris, Lilienthal, Pilcher, les frères Wright, Herring, Avery, et le capitaine Ferber.

Ainsi que le raconte le capitaine Ferber dans sa note si intéressante publiée dans la *Revue d'Artillerie* sous le titre « Les Progrès de l'Aviation depuis 1901 par le vol plané », c'est en 1867

que Le Bris, un marin qui avait observé le vol de l'albatros dans ses voyages, fit, à Brest, des essais avec des ailes assez grandes pour le porter et partit en cerf-volant, comme l'ont fait plus tard d'autres que je vais signaler. Mais celui qui mérite la place la plus importante parmi ces expérimentateurs qui ont eu le courage de se lancer dans l'espace sur des aéroplanes sans moteur, est sans contredit l'ingénieur allemand Otto Lilienthal qui, dans



Cliché Rol.

FIG. 6. — EXPÉRIENCE D'HERRING, ASSISTANT DE M. CHANUTE.

le cours des années 1893 et 1895, parvint ainsi à effectuer des glissades d'une grande étendue. Il partait d'une tour ou d'un monticule élevé à cet effet et en s'abandonnant à l'action de la pesanteur il obtenait une vitesse suffisante pour parcourir dans l'air une distance qui, de 15 mètres au début parvint dans la suite à dépasser plus de 100 mètres.

Lilienthal était arrivé à cette conclusion que la question de stabilité était tout dans un aéroplane et qu'il fallait la résoudre avant d'y adjoindre un moteur. Après plus de 2000 glissades de ce genre il échoua dans la dernière; ayant mal calculé son essor et l'action du vent, il fit une chute qui lui coûta la vie.

Comme le dit le capitaine Ferber dans la brochure citée précédemment : « L'Anglais Pilcher fut le premier continuateur de

Lilienthal. Les ailes ressemblaient beaucoup à celles du maître, mais son mode de départ fut tout différent. Il attelait des chevaux à une corde dont il tenait le bout, les lançait au galop et partait comme un cerf-volant.

« Quand il se trouvait assez haut, il portait peu à peu son corps en avant, lâchait la corde, et le cerf-volant devenu aéroplane parcourait dans l'air une trajectoire analogue à celle d'un corbeau qui va se poser dans un champ.

Pilcher fut victime de sa grande complaisance, car, le 30 septembre 1899, voulant être agréable à plusieurs personnes qui étaient venues de fort loin pour le voir, il fit deux essais par un temps de bourrasques pluvieuses. Au second, les spectateurs entendirent un craquement, la queue parut se briser, et Pilcher, déséquilibré, fut précipité sur le sol. Il mourut le surlendemain sans reprendre connaissance. »

C'est peu de temps après qu'en Amérique, des essais très sérieux de planement et de glissades dans l'air ont été entrepris par différents expérimentateurs, principalement sous la direction de Chanute, ingénieur de Chicago. Ce dernier, parallèlement à l'astronome Langley, s'est occupé avec succès de tout ce qui concerne l'aéronautique. M. Chanute, qui est d'un âge avancé, fit répéter les expériences de Lilienthal par ses assistants, MM. Herring et Avery, en se servant comme sustentateurs d'appareils à plans superposés inspirés du cerf-volant cellulaire inventé par M. Hargrave, de Sydney.

Enfin, en 1903, on commença à parler des frères Wright qui, à Dayton (États-Unis d'Amérique), se livraient à des expériences qui ont eu un énorme retentissement. Dans leurs premiers essais, ils opéraient avec un appareil sans moteur, par la méthode de Lilienthal; ils se lançaient d'un point élevé avec une certaine vitesse, en profitant d'un vent ascendant, et prenant la position étendue ou couchée, au lieu de se suspendre verticalement comme l'infortuné aéronaute allemand. Ils n'effectuaient ainsi que des glissades de quelques dizaines de mètres. Mais un jour les journaux américains ont annoncé, qu'ayant muni d'un moteur de 16 chevaux leur appareil pesant 338 kilogrammes et présentant une surface de sustentation de 50 mètres avec une envergure de 12 mètres, ils avaient réussi à faire un parcours dans l'air d'environ 50 kilomètres. Si l'on ne devait pas se mettre en garde

contre les exagérations possibles, c'est aux frères Wright incontestablement que reviendrait la gloire que nous accordons à M. Santos-Dumont, et c'est la date du 19 décembre 1903, et non celle du 12 novembre 1906 qui marquerait le jour mémorable où, pour la première fois, un homme s'est élevé avec une machine volante.

Cette nouvelle avait été considérée en Europe comme un bluff américain et ce qui tendait à lui donner ce caractère c'est qu'ils étaient restés trois ans avant de renouveler leurs expériences aujourd'hui si convaincantes et si démonstratives. Leur inaction ne peut s'expliquer que par ce fait qu'ils devaient leur réussite moins à la conception du système, qu'ils ont protégé par des brevets, qu'à son fonctionnement, comportant une adresse et peut-être même un secret qu'ils ne voulaient dévoiler que contre la remise d'une somme d'un million. D'autres personnes m'ont dit qu'ils avaient traité avec le gouvernement des États-Unis qui s'opposait à tout nouvel essai pouvant entraîner une divulgation de leur système.

Quoi qu'il en soit, sans méconnaître le mérite des recherches des frères Wright, on était excusable de se montrer sceptique sur l'importance des résultats obtenus. La valeur d'une découverte scientifique ne réside pas tant dans le fait observé, où le hasard a très souvent la plus grande part, ou encore le phénomène constaté, que dans la reproduction de ce phénomène, non pas une fois, mais plusieurs fois. C'est la persistance ou si l'on veut la répétition réussie des essais, qui est le critérium de la valeur d'une invention. Combien de fois m'a-t-on montré une machine à mouvement perpétuel qui ne tournait que pendant quelques minutes! Il est vrai que, la plupart du temps, l'inventeur me disait : « Je l'empêche d'aller trop longtemps, car elle s'emballerait, et je n'ai pas encore trouvé le frein pour l'arrêter. »

De son côté, le capitaine Ferber qui s'était enthousiasmé à la suite des expériences de planement artificiel faites en Amérique a repris en 1903 les essais de Lilienthal et a obtenu des résultats très remarquables au point de vue de la stabilité. C'est grâce à lui et à M. Hervé que le nom de Lilienthal est sorti de l'ombre et a acquis la réputation hélas, posthume, due à ses courageux essais. C'est ce véritable martyre de la science qui a émis cette

maxime : « Concevoir un appareil d'aviation ce n'est rien, le construire c'est quelque chose, mais l'expérimenter c'est tout », maxime que suivent nos aviateurs modernes tels que MM. Santos-Dumont, Blériot, Delagrange, Esnault-Pelterie, Farman, etc.

Comment se pose le problème de l'aviation.

Pour s'élever du sol et se maintenir ou se diriger dans l'air avec un appareil d'aviation, c'est-à-dire d'après le principe du plus lourd que l'air, il faut surmonter la force de la pesanteur. Donc la condition nécessaire et suffisante, en écartant pour un moment la question de la stabilité, est de trouver dans l'air un point d'appui, c'est-à-dire d'agir sur le fluide par un engin de propulsion ou de sustentation tel qu'il résulte de son action sur l'air et par le fait de la résistance de ce fluide une composante verticale égale au poids total de l'appareil.

S'il ne s'agissait que de s'élever du sol sans avoir la préoccupation de se maintenir un certain temps dans l'air, il suffirait de lancer l'appareil avec une vitesse suffisante selon la hauteur que l'on veut atteindre, comme on lance une balle qui retombera par l'effet de la pesanteur. Mais comme ce que l'on cherche, c'est que l'appareil se maintienne dans l'espace, il est nécessaire de l'organiser de manière qu'il trouve en lui la force motrice lui permettant, par l'entremise d'un organe propulseur convenable, de trouver dans l'air le point d'appui dont il a besoin pour demeurer dans une position fixe ou pour se déplacer dans une direction quelconque.

On sait que la plupart des oiseaux, dans leur essor, font quelques petits pas sur le sol pour créer une vitesse initiale. Quelques-uns s'en dispensent grâce à l'élasticité de leurs pattes qui leur permet de sauter. Certains insectes n'ont pas besoin d'élan.

Le volateur, nom qu'on donne aussi à l'appareil d'aviation, est plongé dans l'air comme l'est par exemple dans l'eau un bateau sous-marin. Mais tandis que l'eau par sa densité fait flotter

naturellement le bateau et que la rame, la roue à aubes ou l'hélice n'ont qu'à effectuer la propulsion, il faut pour le volateur que ses organes déterminent à la fois la propulsion et la sustentation.

Or, comme on le démontrera plus loin, et c'est là le principe, absolument fécond, sur lequel repose l'aéroplane : l'organe propulseur en engendrant une vitesse produit par cela même la sustentation. Ce merveilleux effet est dû à ce que la résistance opposée par l'air au mouvement d'un corps lui fournit précisément la poussée verticale qui lui permet de faire échec à la pesanteur. PAS DE VITESSE, PAS DE VOL, comme l'a dit Mouillard. Faisons remarquer toutefois que nous supposons ici que le corps doit se mouvoir dans un air calme, c'est-à-dire quand il n'y a pas de vent. S'il y a du vent, un corps, surtout quand il présente une grande surface, peut être soulevé et entraîné ou maintenu en l'air, comme par exemple le cerf-volant.

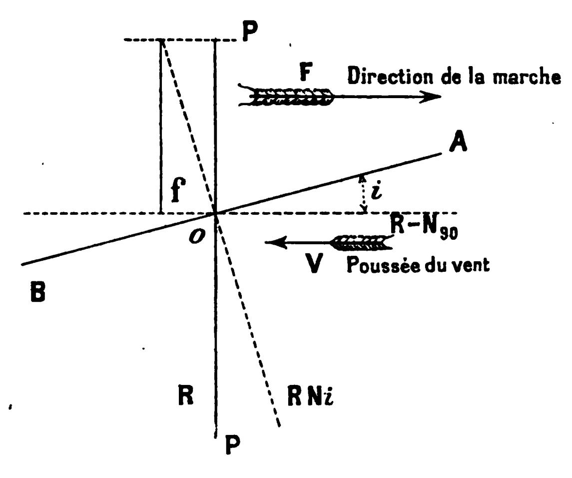
Chaque fois que le vent est ascendant, et c'est le cas général, l'oiseau l'utilise pour planer sans dépense de force.

Comme l'a si bien fait remarquer le mathématicien Landur, dans le mémoire qui fait partie de la collection publiée vers 1864 par le vicomte de Ponton d'Amécourt, les systèmes mécaniques que l'on peut imaginer pour soutenir dans l'air des appareils plus denses que l'air paraissent nombreux, mais ils se ramènent tous à un très petit nombre de types dont voici les principaux :

« 1° On peut se servir d'une ou plusieurs surfaces qui descendent en s'appuyant sur l'air et remontent après avoir été réduites à une forme ou à des dimensions telles, que l'air ne s'oppose que faiblement à leur mouvement ascensionnel. Tels seraient des parapluies ou des éventails qui descendraient déployés et remonteraient ployés; ou encore des palettes qui seraient horizontales en descendant et verticales en remontant. Tous ces systèmes ressemblent beaucoup aux ailes des oiseaux.

« 2° On peut munir l'aéronef d'une vaste surface inclinée, et imprimer par le moyen d'un propulseur quelconque un mouvement horizontal de translation au système entier. Si l'inclinaison de la surface et la vitesse sont convenablement choisies, L'AIR EXERCERA CONTRE LA SURFACE UNE PRESSION DONT LA COMPOSANTE VERTICALE ANNULERA L'EFFET DE LA PESANTEUR.

« 3° Au lieu de donner à cette surface un mouvement rectiligne



LÉGENDE

R — Résistance de l'air par mètre carré.
S — Surface sustentatrice.
V — Vitesse en supposant le déplacement horizontal et en air calme.
i — Angle d'attaque.
P — Poids à enlever et à propulser.
f — Composante horizontale de la résistance ou effort de traction horizontale.
P′ — Composante verticale ou réaction constituant la sustention égale à **P.**
T — Travail élémentaire dans le cas du plan.
𝔗 — Travail total.
K — Coefficient de la résistance de l'air à la sustentation.

LOI DES VARIATIONS

DE LA RÉSISTANCE DE L'AIR SUIVANT L'ANGLE D'ATTAQUE

Ni — Résistance du plan incliné suivant l'angle i.
N_{90} — Résistance du plan perpendiculaire à l'avancement.

$$\frac{Ni}{N_{90}} = \sin^2 i \qquad \text{(Newton et Euler).}$$

$$\frac{Ni}{N_{90}} = \sin i \qquad \text{(Marey).}$$

$$\frac{Ni}{N_{90}} = \frac{2\ \pi\ \sin i}{4 + \pi \sin i} \qquad \text{(Rayleigh).}$$

$$\frac{Ni}{N_{90}} = \frac{(4 + \pi) \sin i}{4 + \pi \sin i} \qquad \text{(Gerlach).}$$

$$\frac{Ni}{N_{90}} = \frac{2\sin i}{1 + \sin^2 i} \qquad \text{(Duchemin).}$$

$$\frac{Ni}{N_{90}} = \sin i\,(a - [a - 1]\sin^2 i] \qquad \text{(Renard).}$$

$$\frac{N_{90}}{Ni} = \sin i + \frac{1}{1 + tg^2 i} \qquad \text{(Soreau).}$$

FORMULES

CAS DU PLAN MINCE

$R = KSV^2$ (plan perpendiculaire à V).

$Ri = KSV^2 \sin i$ (incliné sur V).

$P = R\cos i = KSV^2 \sin i \cos i$ ou $1/2\ KSV^2 \sin 2i$

$$V^2 = \frac{2P}{KS \sin 2i}$$

$f = R \sin i = KSV^2 \sin^2 i$

$$f = \frac{P^2}{KSV^2 \cos^2 i} = P\,tg\,i$$

$T = fV = KSV^3 \sin^2 i$

$$T = \frac{KS \times 4\,P^2 \sin^2 i}{VK^2 S^2 \sin^2 2i}$$

$$\text{Donc } T = \frac{P^2}{KSV \cos^2 i}$$

En éliminant V, on a : $T = \dfrac{P}{\cos i}\sqrt{\dfrac{P}{KS}\,tg\,i}$.

CAS DE L'AÉROPLANE

F — Effort total de traction.

f' — Effort destiné à vaincre la résistance à l'avancement.

K' — Coefficient de la résistance de l'air à l'avancement.

S' — Surface idéale correspondant au maître couple avec le moteur, les agrès, l'aéronaute et les accessoires.

$$f' = K'S'V^2$$
$$F = f + f'$$
$$\mathcal{T} = (f + f')\ V$$
$$\mathcal{T} = \frac{P^2}{KSV\cos^2 i} + K'S'V^3.$$

Pour avoir le minimum de $\mathcal{T}$ on prend les dérivées et on écrit :

$$\frac{d\mathcal{T}}{dV} = \frac{P^2}{KSV^2 \cos^2 i} + 3\,K'S'V^2 = 0$$

d'où

$$f = 3f'$$

La Propulsion accompagne et crée la sustentation.

de translation, on peut la faire tourner autour d'un axe vertical. Le résultat sera le même, seulement il faudra prendre la précaution de faire constamment tourner en sens contraires deux surfaces d'actions équivalentes, pour que l'aéronef entier ne prenne lui-même aucun mouvement de rotation. C'est là le système à hélices.

« 4° On pourrait, au moyen d'une pompe foulante, insuffler de l'air sous un parachute, de manière à lui donner une poussée de bas en haut capable d'annuler l'action de la pesanteur. Je n'examinerai pas ce quatrième système qui me paraît avoir peu de chance de succès et qui se laisse difficilement soumettre au calcul. Les fusées avec ou sans parachutes le réalisent d'une manière désavantageuse.

« Les systèmes qui rentrent dans le deuxième type paraissent être ceux qui utilisent le mieux la résistance de l'air. Ce sont aussi ceux dont la théorie est la plus facile à établir et pour lesquels les données expérimentales nous manquent le moins. »

Dans ce qui va suivre nous ne nous occuperons que des appareils du deuxième type auxquels on donne le nom d'aéroplanes.

Comparaison de l'aéroplane et du cerf-volant.

Il n'y aurait pas d'oiseaux, que l'homme aurait pu avoir encore la conception de l'aviation ou de la locomotion dans l'air. L'idée lui en serait venue par les effets du vent, depuis le plus faible zéphir qui soulève les poussières et les corps légers jusqu'aux cyclones qui terrassent les arbres, abattent les maisons, brisent les navires et produisent des catastrophes épouvantables. Par les flèches, le boomerang, le cerf-volant, on se rend compte de l'action sustentatrice de l'air sur une surface mince.

On trouvera la théorie du cerf-volant exposée d'une façon intéressante dans l'ouvrage de M. P. Lecornu, dont je recom-

mande la lecture. Dans un des premiers chapitres, il donne une démonstration très élégante de M. Jules Pillet, un des Professeurs distingués du Conservatoire, qui a mis à profit son savoir en géométrie pour déterminer graphiquement la position que doit avoir le point d'attache de la corde pour obtenir la stabilité de l'appareil. La distance de ce point au centre de pression doit être la moitié de la distance de celui-ci au centre de gravité. Cette même question a été traitée tout récemment par M. Magron, et on lira avec intérêt sa démonstration dans le numéro de l'*Aéronaute* du mois de janvier 1907.

Le cerf-volant se soutient dans l'espace en vertu de la composante verticale de la résistance de l'air qui est égale à son poids, lorsqu'il n'y a pas tension de la corde; ou encore il y a équilibre entre le poids passant par le centre de gravité, la résistance de l'air exercée au centre de pression et la traction de la corde.

L'oiseau, dans son vol, en s'inclinant dans un plan vertical ou simplement en déplaçant sa tête ou sa queue, fait varier la position du centre de pression par rapport au centre de gravité, et c'est ainsi qu'il peut monter, descendre, virer à droite ou à gauche et décrire ces orbes et ces courbes si gracieuses que nous admirons chez l'hirondelle.

Analyse et discussion des théories modernes sur le vol plané.

par M. Drzewiecki, les colonels Renard et Vallier, M. Soreau, et les capitaines Ferber et Lucas Girardville.

La Société des ingénieurs civils de France s'est occupée à plusieurs reprises des questions d'aéronautique. Avant M. Soreau, dont les communications ont été très remarquées, je dois signaler celles de M. Arson, Maldent et Duroy de Bruignac, suivies de discussions auxquelles j'ai eu l'avantage de prendre part, étant à cette époque vice-président de la Société française

de la Navigation aérienne. Une mention spéciale doit être faite à l'égard de M. Duroy de Bruignac qui, si l'on n'approuve pas toutes ses théories, a cependant émis à plusieurs reprises tant sur la dirigeabilité des aérostats que sur l'aviation, certaines idées justes qui méritent de fixer l'attention.

M. Drzewiecki, ingénieur russe, qui habite la France, et a fait ses études à l'École centrale, peut être considéré comme étant un des premiers qui, avec M. Marey, ont jeté une vive lumière sur le caractère longtemps resté mystérieux du vol des oiseaux sous la forme du planement. Il a publié ses travaux dans l'*Aéronaute* d'octobre 1889, dans son livre intitulé *Le Vol plané* en 1891, et enfin dans le numéro de la même année de la *Revue des Sciences*. On y trouve développées les conclusions suivantes :

L'oiseau peut être assimilé à un aéroplane animé en supposant rigides les ailes et la queue qui constituent les plans sustentateurs et directeurs de l'animal. L'auteur y fait ressortir l'intérêt qu'il y aurait à étudier le mouvement dans l'air des planeurs flexibles et à tenir compte du rôle que peuvent jouer dans le vol la déformation de ces plans et leur degré de flexibilité.

La théorie que M. Drzewiecki donne du planement d'abord dans une direction horizontale puis dans une direction oblique quelconque se résume ainsi :

LA SUSTENTATION DU VOLATEUR EST LA CONSÉQUENCE DIRECTE DE SA VITESSE D'AVANCEMENT, CAR ELLE EST LA COMPOSANTE VERTICALE DE LA RÉSISTANCE ÉPROUVÉE PAR L'AÉROPLANE RENCONTRANT L'AIR SOUS UN PETIT ANGLE D'INCIDENCE. Le travail musculaire de l'oiseau est dépensé uniquement pour la propulsion dans le sens du planement horizontal.

D'après lui, le minimum de travail nécessaire pour produire la sustentation maxima correspond au cas où l'aéroplane fait avec la direction du mouvement un angle d'incidence égal à $1°50'45''$.

Afin que la translation reste horizontale avec cet angle optimum, chaque volateur doit posséder une vitesse propre dépendant de sa charge relative (poids par rapport à la voilure). Cette vitesse croît avec la charge relative du volateur.

Le travail correspondant à cette vitesse normale et à cet angle optimum est proportionnel à la vitesse de translation horizon-

tale. Dans ces conditions, la résistance à l'avancement est une constante, par unité de poids porté, proportionnelle au poids total du volateur.

La position du centre de pression varie suivant l'angle d'incidence et d'après une loi établie par Jœssel. La variation du centre de pression assure automatiquement, l'équilibre longitudinal du volateur. Le centre de pression doit se trouver à l'avant de la voilure et coïncider avec le centre de gravité.

Depuis, des travaux dignes d'attention ont été faits sur le même sujet par MM. les colonels Renard et Vallier, M. Soreau, le capitaine Ferber, et tout récemment par le capitaine d'artillerie Lucas Girardville.

Sans entrer dans des considérations mathématiques d'un ordre aussi élevé que celles du colonel Vallier et du capitaine Ferber, on peut, à l'aide d'équations sommaires telles que celles qui sont présentées dans le traité intitulé : *L'Aéronautique* de mon ami M. Banet-Rivet, professeur de Physique et de Chimie au lycée Michelet, établir les formules qui permettent de déterminer la force de propulsion et le travail nécessaire pour soulever et mouvoir l'aéroplane. Le tableau annexé (voir p. 36–37) donne les relations très simples qui permettent d'obtenir ces formules.

Comme on le voit par le schéma de ce tableau, on envisage d'abord l'effet de la résistance d'un plan mince ou carreau, que l'on déplace dans l'air normalement à la direction du mouvement. Tout le monde est d'accord pour reconnaître que LA RÉSISTANCE EST PROPORTIONNELLE AU CARRÉ DE LA VITESSE ET A LA SURFACE. Dès qu'on incline le même plan, la résistance varie; on a bataillé pendant plusieurs années pour savoir si la résistance variait proportionnellement au sinus ou au carré du sinus de l'angle d'inclinaison. J'ai indiqué, dans le tableau, les différentes formules qui résument cette loi de la résistance de l'air. A la suite de celle de Newton, qui était partisan du sinus carré, on trouvera celle de Duchemin, longtemps appliquée en balistique, puis celles du colonel Renard et de M. Soreau; il y en a pour tous les goûts.

Dans le cas de l'aéroplane, qui doit se déplacer avec un angle d'attaque n'excédant jamais 10°, on peut se borner à adopter la loi du sinus simple; on peut aussi remplacer, comme

l'a fait le capitaine Lucas Girardville, le sinus par l'arc, et même dans certaines équations, négliger l'effet de l'angle, comme l'admet M. Vallier, lorsque cet angle descend au-dessous de 5°.

M. Soreau, dans une communication qu'il a faite le 2 mai 1902 à la Société des Ingénieurs civils, a parfaitement défini la loi des faibles inclinaisons :

« Un calcul élémentaire, dit le distingué ingénieur, montre que, même avec les moteurs les plus légers, l'inclinaison de la voilure doit se maintenir entre des limites très rapprochées : si le courant la frappe en dessus, c'est la chute rapide, presque verticale, c'est la catastrophe qui mit fin si brutalement aux si curieuses expériences d'Otto Lilienthal; s'il la frappe en dessous, mais sous un angle supérieur à quelques degrés, c'est l'insuffisance de la réaction sustentatrice, c'est la chute plus ou moins lente suivant une trajectoire inclinée; il faut donc, pour résoudre le problème, maintenir d'une façon certaine l'inclinaison entre des limites espacées de quelques degrés seulement. »

Comme on le voit par la formule principale du tableau, le travail que doit fournir le moteur se compose de deux termes : d'une part le travail pour la sustentation et la propulsion, et d'autre part, le travail pour vaincre la résistance de l'air, celle qui s'oppose à l'avancement. Dans le premier terme interviennent : au numérateur, le poids au carré à soulever, et au dénominateur, la surface de sustentation, la vitesse relative de l'esquif aéronat, qui est sa vitesse propre dans un air calme et qui est augmentée ou diminuée de la vitesse du vent, suivant qu'il marche en sens contraire ou dans le même sens que le vent. Les deux coefficients K et K′ sont déterminés par l'expérience.

Ainsi dans l'équation du travail, aussi bien chez M. Banet-Rivet que chez M. Vallier, le travail nécessaire à la propulsion et à la sustentation comprend deux termes dont le premier diminue avec la vitesse et dont le second augmente proportionnellement au cube de cette vitesse. Cette fonction est donc susceptible d'un minimum qui est atteint quand les dérivées de ces deux termes sont égales, c'est-à-dire en posant :

$$\frac{P^2}{KSV^2\cos^2 i} = 3\,K'S'V^2$$

Il en est de même pour la force de traction : $F=\frac{T}{V}$ qui atteint son minimum quand

$$\frac{P^2}{KSV^2\cos^2 i}=K'S'V^2.$$

De là les deux théorèmes de Renard qu'il est très important de rappeler ici.

1° Le travail nécessaire à la propulsion et à la sustentation d'un aéroplane, dans l'unité de temps, est minimum lorsque la résistance du sustentateur est égal à trois fois la résistance de l'esquif.

2° La force de traction nécessaire à la propulsion et à la sustentation d'un aéroplane est minimum lorsque la résistance du sustentateur est égale à la résistance de l'esquif.

S'il n'y a pas à vrai dire une contradiction entre ces deux théorèmes, il est évident qu'on ne peut pas les appliquer tous les deux simultanément et d'une manière absolue. Il est impossible en effet de faire que la résistance du sustentateur soit en même temps égale à une fois et à trois fois celle de l'esquif. Il faudra donc choisir entre les deux minimum : celui du travail et celui de la force de traction, et le choix devra évidemment être donné au premier, car il y aura certainement avantage à réduire le plus possible la puissance du moteur et par conséquent aussi la dépense de consommation du pétrole ou autre liquide combustible.

Appliquant l'équation du minimum du travail à l'appareil de M. Santos-Dumont, dans les deux hypothèses d'une surface S' de résistance à l'avancement, variant de 1 mètre à 1 m. 50, nous avons trouvé que, pour le travail minimum, la vitesse V doit être environ de 12 m. 05 dans le premier cas et de 9 m. 80 dans le second.

Reprenant la formule générale dans les deux cas, nous avons trouvé pour le travail théorique 23 chevaux 5 avec une vitesse de 12 mètres et 18 chevaux avec une vitesse de 9 m. 80.

On déduit de là que, en supposant que le moteur de M. Santos-Dumont ait donné non pas ses 50 chevaux nominaux, mais seulement 40 chevaux, le rendement de l'appareil dans l'expérience de Bagatelle, dont la vitesse était de 11 mètres environ, a été au moins de 50 p. 100.

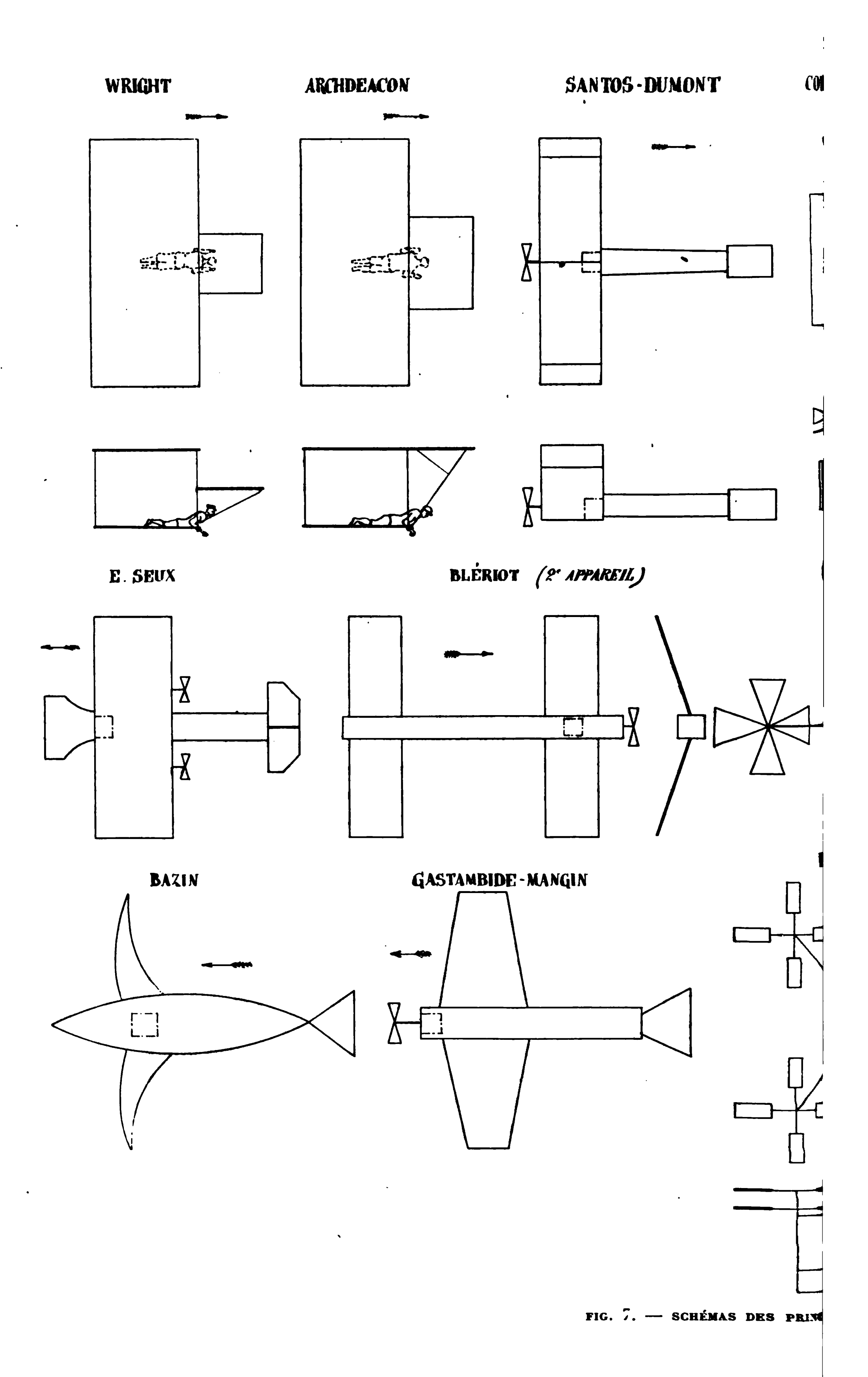
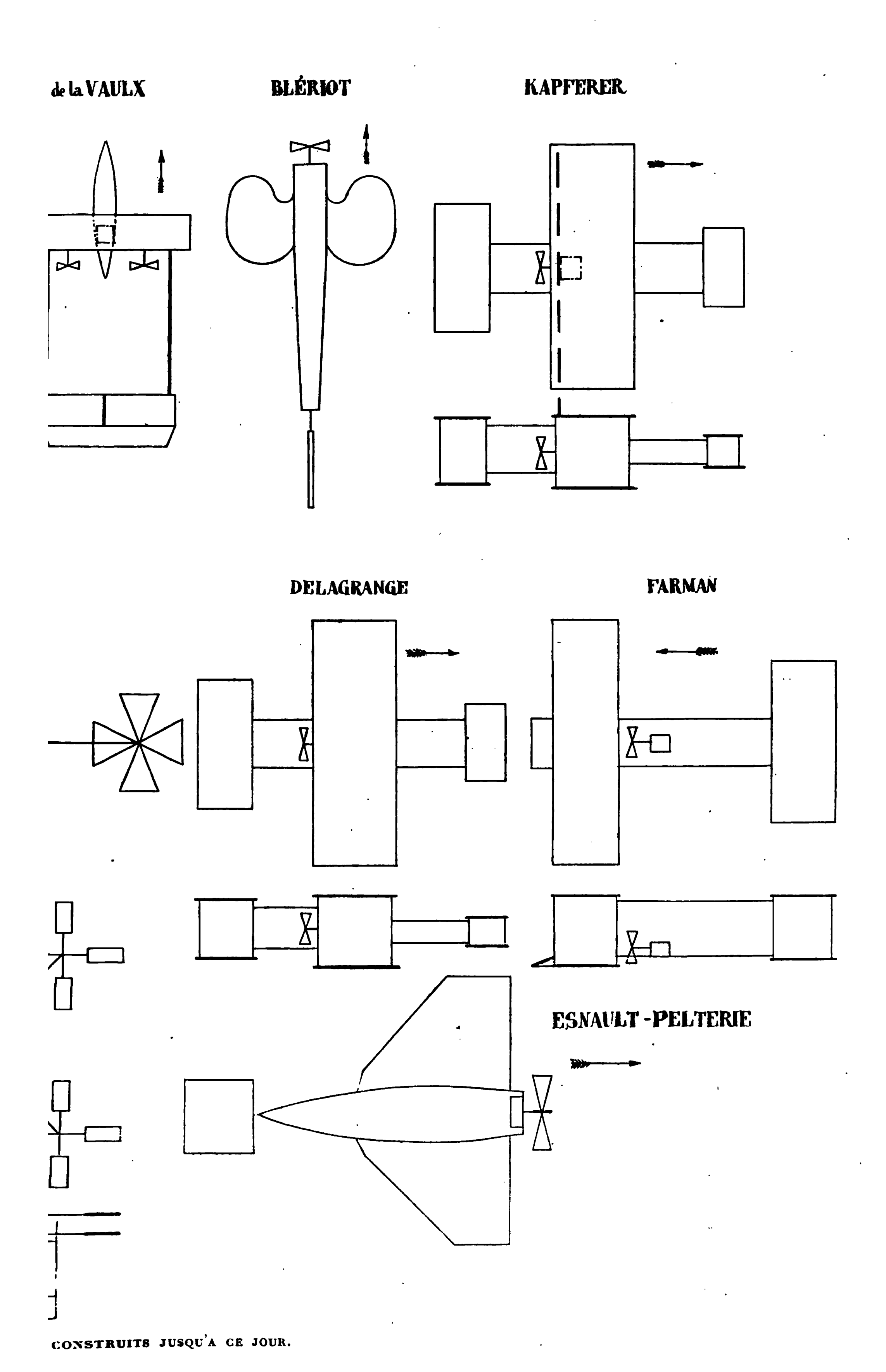


FIG. 7. — SCHÉMAS DES PRIN



CONSTRUITS JUSQU'A CE JOUR.

En effet, dans l'expérience concluante de M. Santos-Dumont et avec les chiffres officiellement relevés par les membres de la Commission du Prix Archdeacon et également constatés par les délégués de la Société française de Navigation aérienne, l'aéroplane a effectué un parcours de 220 mètres en 21″ 1/5. Pour ce parcours, la vitesse propre a été environ de 11 mètres, c'est-à-dire très voisine de celle que donnent les formules. Nous en tirons cette première conclusion que les proportions données par M. Santos-Dumont à son appareil pour la surface de la voilure et le poids total, sont d'emblée très voisines de celles qu'indique la théorie.

Le capitaine Ferber, avec qui j'ai le plaisir de m'entretenir fréquemment de cette question et qui a commenté peut-être avec un peu trop d'optimisme les expériences des frères Wright en Amérique, a bien voulu me dire que le coefficient K était beaucoup plus favorable lorsqu'il s'agit du mouvement plané. Selon lui, il faudrait tripler au moins les coefficients qui ont été donnés par MM. Duchemin et Soreau. Si nous appliquions les valeurs qu'il a indiquées pour les coefficients K et K′ dans les formules, nous trouverions que le rendement de l'appareil de M. Santos-Dumont a été moins satisfaisant. Mais à cet égard on ne peut pas se prononcer d'une façon définitive sans des observations et des mesures nouvelles concernant la loi de la résistance de l'air, dont je parlerai dans quelques instants.

Poursuivons notre examen avec les formules du capitaine Lucas Girardville.

Ce dernier a eu l'heureuse idée de décomposer en trois éléments le poids total X de l'aéroplane monté, savoir :

1° Le poids a de l'ensemble charpente et voilure;

2° Le poids m de l'ensemble de la partie motrice (moteur, transmission, propulseur);

3° Le poids utile transporté P, savoir : les aviateurs, leurs bagages et la provision de combustible du moteur.

$$X = P + a + m.$$

D'autre part, M. Lucas Girardville écrit : $a = \alpha S$, S étant la surface de la voilure et il remarque que l'ensemble moteur se distingue par deux caractéristiques : le poids p par cheval recueilli au frein sur le moteur et le nombre T de kilogrammètres

employés effectivement par cheval et par seconde en travail sustentateur. La différence entre 75 et T reste dans les transmissions, le travail absorbé pour faire progresser les charpentes, suspentes et autres résistances accessoires.

Le travail dépensé pour la sustentation est : $X \times v$, et comme on utilise T kilogrammètres par cheval, la puissance du moteur est : $\frac{X \times v}{T}$ et le poids de l'ensemble moteur propulseur est : $m = p \frac{X \times v}{T}$. Nous faisons observer que v égale V sinus i.

Application des formules précédentes à l'aéroplane et à l'expérience de M. Santos-Dumont.

Appliquant les formules précédentes à l'aéroplane de M. Santos-Dumont, j'ai trouvé que le coefficient K pour ses plans sustentateurs, devait se rapprocher de 0,3; mais ce qui est beaucoup plus frappant, c'est que l'appareil de M. Santos-Dumont réalise de très près une des conditions qui doivent être remplies, d'après les équations, pour obtenir le meilleur rendement théorique. Ainsi, par exemple, cet appareil fournit une vérification approchée d'un des théorèmes du colonel Renard, précédemment énoncés, savoir que : « LA FORCE DE TRACTION NÉCESSAIRE A LA PROPULSION ET A LA SUSTENTATION D'UN AÉROPLANE EST MINIMUM LORSQUE LA RÉSISTANCE DU SUSTENTATEUR EST ÉGALE A LA RÉSISTANCE DE L'ESQUIF ». Une constatation du même ordre nous est fournie en appliquant à l'aéroplane de M. Santos-Dumont une curieuse conséquence que M. le capitaine Lucas Girardville tire de sa méthode de calcul :

Considérant une série d'aéroplanes tels que $a + m$ soit le même pour tous, $\frac{a}{m}$ variant de l'un à l'autre. Si l'on suppose en

outre qu'ils fonctionnent tous à la même vitesse de translation V, on trouvera, pour réaliser l'équilibre vertical un groupe de valeurs X et V, correspondant à chacune des valeurs de $\frac{a}{m}$ et dans ces groupes X sera maximum en même que $\sqrt{am}$, c'est-à-dire quand a est égal à m.

Mais cette condition, pour que X soit maximum, est indépendante de la vitesse de V et de l'angle i. Donc, d'une manière absolue, le rapport entre le poids utile transporté et le poids mort sera maximum quand l'aéroplane sera construit de telle manière que le poids de l'ensemble charpente-voilure et celui de l'ensemble moteur et propulseur soient égaux.

Or, dans une visite que j'ai faite à M. Santos-Dumont, je lui ai demandé quels étaient les poids séparés de ses planeurs sustentateurs avec leur armature, d'une part, et de son moteur avec l'hélice, de l'autre; il m'a répondu que ces poids étaient respectivement de 115 et de 125 kilogrammes; la somme fait 240 kilogrammes, de telle sorte qu'après l'avoir retranchée du poids de 300 kilogrammes, il reste 60 kilogrammes pour le poids utile, lequel comprend le poids du jeune et svelte aéronaute (50 kilos) et 10 kilogrammes pour les accessoires; on est ainsi conduit à constater que M. Santos-Dumont, pour la répartition du poids des éléments constitutif de son aéroplane, a satisfait de prime abord à une des indications des formules mathématiques.

Nous avions aussi dans notre étude sur l'aérostat dirigeable de M. Santos-Dumont mis en évidence, dans nos formules, le poids spécifique du moteur par cheval, mais nous reconnaissons volontiers que le capitaine Lucas Girardville a judicieusement considéré la partie du travail effectif donnée par le moteur et non le travail nominal.

Discussion des lois sur la résistance de l'air.

Dans ces dernières années, la détermination précise du coefficient K a préoccupé de nombreux expérimentateurs parmi lesquels il faut citer l'ingénieur italien Canovetti et M. Eiffel, mais, presque toujours, ils se sont placés dans des conditions qui ne sont pas celles où se trouve un appareil en mouvement dans l'air, de telle sorte qu'aucune des valeurs mesurées ne peut être considérée comme applicable définitivement. Dans une lettre que m'a écrite M. Soreau, il me renvoie à une notice bibliographique qu'il a publiée en 1905, et où il dit que « aux faibles incidences, certaines voilures peuvent avoir une qualité 10, 20, 50 fois plus grande que le plan de même surface; résultat déconcertant à première vue, mais qu'on s'explique en recherchant l'énorme influence du mode d'écoulement des filets fluides sur la valeur de la résistance de l'air ».

Les résultats trouvés dans les expériences sur la résistance de l'air pour le coefficient de cette résistance, c'est-à-dire pour celle qui correspond à un plan de 1 mètre carré se déplaçant dans l'air calme avec une vitesse de 1 mètre par seconde, ne suffisent pas, soit à expliquer le vol des oiseaux, soit pour calculer les aéroplanes. Tout d'abord il faut étudier de plus près les lois du mouvement des fluides, branche de la science qu'on appelle l'aérodynamique. Pour l'air en particulier les molécules sont très mobiles, glissent les unes sur les autres et elles n'agissent pas sur les plans suivant des filets parallèles; il se produit, surtout lorsque le plan se déplace obliquement dans l'air, des espèces de remous, des déviations dont on ne tient pas compte dans les expériences ou tout au moins qui en changent à chaque instant les conditions et vicient les mesures que l'on veut obtenir.

Ce n'est pas seulement le choc direct et les déviations des filets d'air, comme dans les turbines, mais certainement encore le frottement du fluide sur la surface alaire qui contribuent à déterminer la résistance.

En outre, il faut tenir compte de la forme et de la courbure

de la surface; ce n'est pas inutilement que la nature a donné à l'aile de l'oiseau une forme particulière, comme l'ont fait remarquer judicieusement MM. Marey, Goupil, le Dr Amans, etc.

Si l'atmosphère n'existait pas, en concevant le vide au-dessus de la terre (hypothèse purement fictive, puisque l'air est nécessaire à la vie animale), un corps pesant lancé dans l'espace obéirait simplement à la loi de la pesanteur qui n'est qu'un cas particulier de la grande loi newtonienne, c'est-à-dire de la gravitation universelle. Il retomberait dès que le travail de la pesanteur aurait absorbé la demi-force vive dont il était animé au point de départ. Tel serait le cas pour un projectile quelconque.

Mais l'existence du milieu atmosphérique constitué par l'air fluide éminemment élastique (associé à l'éther fluide impondérable dont on n'a pas à tenir compte pour le moment) modifie les conditions du mouvement d'un corps pesant en lui opposant une résistance. Or c'est précisément cette résistance, au premier abord nuisible qui est au contraire utilisée par les oiseaux et les insectes pour se maintenir dans l'air. Ce fait, pressenti comme nous l'avons dit précédemment par Léonard de Vinci, permet d'expliquer la sustention et le mouvement dans l'espace d'un corps plus lourd que l'air.

Comme l'a très bien développé M. Banet-Rivet, l'aviation doit se baser sur les lois de la résistance de l'air au mouvement d'un corps qui y est entièrement plongé. On ne tient pas compte de l'application du principe d'Archimède en raison de la faible densité du fluide; mais ce qui est important pour l'aviation, c'est de connaître la loi qui doit résulter de l'étude des forces qui sont en jeu lorsqu'un corps est en mouvement dans l'air, forces qui sont : la pesanteur, la force propulsive, la résistance de l'air sous ses deux formes : celle qui résulte du choc direct des molécules sur les deux faces du plan et celle qui provient du frottement de ces particules sur l'ensemble de la surface.

En considérant le cas le plus simple, dans les nombreuses expériences qui ont été faites sur la résistance de l'air on part d'un plan d'épaisseur négligeable qu'on nomme *carreau* dans le langage technique et qu'on fait déplacer tantôt normalement ou suivant une direction orthogonale par rapport au plan, tantôt suivant une certaine obliquité, c'est-à-dire avec un angle d'attaque.

On a vu sur le tableau des pages 36 et 37 les équations de la résistance de l'air avec l'application à l'aéroplane dont on a ainsi une théorie très élémentaire.

La valeur moyenne généralement admise pour le coefficient K est 0,085. Cependant les résultats de certaines expériences ont donné 0,13, coefficient admis par Lilienthal. Indépendamment des valeurs attribuées à K, il reste acquis que, lorsque le plan se déplace obliquement avec une inclinaison i, la résistance R qu'il supporte reste bien proportionnelle à la surface et au carré de la vitesse, mais qu'elle varie avec l'angle d'attaque i, d'après une formule qui change selon les auteurs, ce qui est dû aux conditions différentes des expériences auxquelles ils se sont livrés.

Il faudrait un véritable volume pour reproduire et analyser toutes les méthodes qui ont été proposées par les différents savants qui ont étudié les lois de l'aérodynamique : je me borne à citer Dubuat, qui, dans des expériences très minutieuses, en faisant osciller des sphères dans l'eau, avait constaté qu'il fallait considérer un facteur spécial tenant compte de la différence des densités du corps immergé et du corps immergeant. Cette méthode du pendule vient d'être reprise par mon fils M. Marcel Armengaud, ingénieur. Elle repose sur un mode intéressant d'enregistrement des espaces parcourus en fonction du temps.

Du rôle possible de l'électricité dans le vol.

Il faut, comme je l'ai déjà dit, faire appel à un quatrième facteur spécial et inhérent à la nature de la surface, qui peut être lisse ou rugueuse. C'est ainsi que M. Lecornu a montré que si le cerf-volant est fait en étoffe de velours, au lieu d'être en papier, il rencontre dans l'air plus de résistance.

Mais n'y a-t-il pas lieu, pour expliquer plus complètement le phénomène du vol, de faire entrer en ligne de compte une autre influence que les actions mécaniques de l'air et par exemple celle qui peut résulter de l'électricité. Cette idée a été tout

récemment suggérée par M. Suchanek, inventeur hongrois, qui, s'étant épris d'une véritable passion pour l'aéronautique, est venu à Paris pour assister aux expériences d'aéroplanes et aussi pour consulter les ouvrages nombreux qui constituent ce qu'on peut appeler la littérature de cette science nouvelle. En passant je suis heureux de dire qu'il a constaté la richesse de nos bibliothèques et par conséquent celle des Arts et Métiers, ce qui ne doit pas nous étonner puisque la France est le berceau de cette science avec la découverte des frères Montgolfier.

La théorie de M. Suchanek est consignée dans un pli cacheté déposé par lui à l'Académie des Sciences et, avec son autorisation, je vais vous en faire connaître les données principales.

Jusqu'à présent l'électricité atmosphérique n'a été étudiée qu'au point de vue météorologique et des dangers d'incendie qu'elle peut occasionner lorsqu'un ballon passe dans un nuage orageux. Depuis très longtemps aussi on a observé certains phénomènes électriques dans les ascensions de ballons libres; c'est ainsi, par exemple, qu'il arrive souvent qu'un ballon avant d'atterrir est chargé d'électricité ainsi que les agrès et l'aéronaute et que l'ensemble se décharge dès que, par le guide-rope, on prend contact avec le sol.

M. Mallet, le constructeur aéronaute bien connu m'a raconté qu'il arrive quelquefois qu'un ballon étant descendu rapidement d'une certaine hauteur après l'ouverture de la soupape, s'arrêtait à quelques centaines de mètres du sol, et, chose singulière, remontait brusquement quand on jetait du lest. On a expliqué cette particularité par la dilatation du gaz à l'intérieur sous l'effet de la chaleur produite par le frottement, ce qui augmente sa force ascensionnelle; mais cette action thermique ne suffit pas toujours pour expliquer la remontée subite du ballon. Elle est peut-être due à ce fait que l'enveloppe en soie vernie est un excellent diélectrique, comme l'est la matière constituant chez les animaux volateurs les organes de sustentation et de propulsion : le duvet qui recouvre le corps des oiseaux, la membrane velue chez la chauve-souris, et le tégument cireux de l'aile de l'insecte.

Il n'y a donc pas lieu de s'étonner si le frottement de l'air sur le corps en mouvement engendre une certaine quantité d'électricité, c'est-à-dire électrise, ou, suivant l'expression à la mode, ionise les couches d'air environnantes.

Mais cette influence est-elle favorable ou défavorable? On ne pourra se prononcer à cet égard qu'après des expériences faites soit sur les oiseaux mêmes en leur attachant des petits électromètres, soit sur des aéroplanes en augmentant artificiellement l'électricité par l'application à la surface de sustentation, ou des palettes de l'hélice, de feuilles minces en mica (diélectrique) alternées ou de feuilles d'étain pour constituer des condensateurs. Des essais de ce genre sur des hélices ont déjà été entrepris au Laboratoire d'essais du Conservatoire avec des appareils mis gracieusement à notre disposition par M. Breton, directeur intérimaire, et avec le concours de M. Boyer-Guillon qui a pris des mesures ne donnant pas encore des résultats très certains. Ces expériences se poursuivent dans les ateliers de l'ingénieur M. Chauvière, l'habile constructeur de modèles, qui a bien voulu m'assister pour les démonstrations faites dans cette conférence.

Quoi qu'il en soit, dans le mémoire qu'il a présenté à l'Académie, M. Suchanek a commencé par citer certaines observations sur l'électricité atmosphérique empruntées en particulier à l'ouvrage de M. Mascart; il a rappelé que l'air est toujours chargé d'électricité positive. Par un temps calme la tension atmosphérique pour un même niveau change dans les vingt-quatre heures. Il y a deux variations principales, une pendant la journée et une pendant la nuit; la tension est maximum vers 9 heures du matin en été et 10 heures en hiver et elle va en diminuant dans la journée pour revenir à un maximum vers le coucher du soleil. Nous verrons plus loin que c'est une des raisons pour lesquelles l'oiseau vole mieux le matin.

En dehors de ces variations diurnes régulières, il y a des variations irrégulières. La densité du champ électrique de l'atmosphère est douze fois plus considérable, ainsi que l'a montré M. Mascart, en janvier qu'au mois de juillet. C'est pourquoi M. Farman a sans doute mieux réussi dernièrement qu'il ne l'aurait fait en été.

On devine que dans les temps de pluie, d'orage, la tension électrique va descendre jusqu'à 0° et même devient négative. Cela explique pourquoi l'oiseau pressentant cette variation de temps avant le baromètre cesse de voler et descend au moment du changement de signe de l'électricité.

Il n'est pas douteux que l'oiseau a son corps chargé d'électricité naturelle, mais lorsque ce dernier touche le sol elle disparaît par la décharge; il lui faut donc faire un effort considérable pour s'élever. Mais alors, par suite de son déplacement avec une certaine vitesse, le frottement de son corps et notamment de ses ailes dans l'air engendre une certaine quantité supplémentaire d'électricité. Ce fait a été constaté en 1780 par Berthelon, physicien français.

Mais ces observations n'ont pas été plus loin et elles n'ont pas attribué à l'électricité le rôle qu'elle peut jouer dans le vol.

Selon M. Suchanek, les molécules d'air électrisées au contact des ailes et en dessous forment une couche qui, en raison de l'état électrique de l'air conserve une certaine tension. Cette couche a donc une tendance à vouloir s'élever. Il en résulte que lorsque l'aile descend, elle rencontre une résistance plus grande. En d'autres termes elle trouve sous elle un point d'appui.

Les réflexions que nous avons faites précédemment sur le vol des oiseaux semblent expliquer comment la couche d'air sous l'aile est de signe contraire à l'électricité de l'oiseau et tend par conséquent à le faire monter. Par les temps de pluie et d'orage, au contraire, l'électricité de l'air change de signe et c'est ce qui expliquerait que l'oiseau ne trouve plus alors d'assistance dans l'état électrique de l'atmosphère et que pendant l'orage il se rapproche de la terre. Ceci en dehors de la question physiologique. Quand il pleut, les plumes sont mouillées et comme l'eau est rangée parmi les corps bons conducteurs, l'aile se trouve déchargée d'électricité. De son côté, M. Besson, chimiste distingué qui a fait sur le radium d'intéressantes communications à la Société des Ingénieurs civils, a exprimé l'avis que les phénomènes de radio-activité pourraient appuyer l'hypothèse de l'intervention de l'électricité.

Ainsi que l'a si bien dit le savant Dr Gustave Le Bon, dans ses suggestions scientifiques empreintes d'un caractère philosophique très élevé, ce n'est pas seulement parce que le monde extérieur n'est connu que par les impressions de nos sens que la nature réelle des choses nous échappe. Alors même, en effet, que nos sens nous montreraient le monde tel qu'il est, et que le bruit ne serait pas une création de notre oreille et la lumière une conséquence de la structure de notre rétine, nous ne connaî-

trions l'univers que très incomplètement parce que nos sens et les instruments qui les complètent ne nous révèlent que de minimes fragments des choses. L'œil, par exemple, ne perçoit pas la dixième partie du spectre lumineux; s'il pouvait percevoir les radiations émises par tous les êtres vivants par suite de leur température, il les verrait distinctement là où règne pour nous une nuit profonde.

Les considérations qui précèdent montrent la science se heurtant toujours à la barrière interposée par nos sens entre le monde réel et nous. Réussira-t-elle à la franchir un jour? Les plus éminents penseurs assurent qu'elle ne la franchira jamais, mais l'expérience du passé permet d'espérer que de tels « jamais » ne sauraient être définitifs.

« Comment la science réussit-elle à établir les relations numériques entre les phénomènes? Elle y arrive par l'observation et l'expérience, mais avec des difficultés extrêmes, parce qu'elle ne peut connaître tous les facteurs qui interviennent dans la production du moindre phénomène.

« Les phénomènes ne sont accessibles que quand ils produisent du mouvement. Cela revient à dire que tout phénomène implique un changement. La chaleur, l'électricité et toutes les formes d'énergie ne nous sont révélées que par des déplacements de masses. Les qualités appréciées par nos sens sont toujours le résultat de changements matériels, visibles ou cachés des organes sensoriels. »

Comparaison entre l'aéroplane et l'hélicoptère.

La comparaison de deux chiffres rend manifeste l'avantage de l'aéroplane sur l'hélicoptère. Si l'on prend, dans l'appareil de M. Santos-Dumont, l'hélice seule avec le moteur, en y ajoutant le bâti qui les porte, cet ensemble pèse environ 145 kilogrammes.

Ce poids, à la rigueur, pourrait être élevé verticalement par la poussée de l'hélice qui, mesurée au point fixe, est d'environ 150 kilogrammes. Mais, en adjoignant les plans sustentateurs avec le gouvernail d'avant et l'aéronaute lui-même, le poids de l'ensemble est presque doublé, puisqu'il atteint 300 kilogrammes. Eh bien, on voit que la même hélice tournant avec l'aéroplane dans un plan vertical, au lieu de tourner dans un plan horizontal comme dans l'hélicoptère et donnant une poussée dans le sens du mouvement, suffit cette fois pour élever et propulser un appareil d'un poids double. Pas de doute donc pour la préférence qu'il faut donner à l'aéroplane, où c'est la vitesse qui crée à la fois la propulsion et la sustentation. Selon l'expression poétique du capitaine Ferber, la sustentation est une conséquence du mouvement de propulsion : c'est une fleur qui naît de la vitesse.

Il importe toutefois de faire remarquer que, dans le déplacement horizontal de l'aéroplane, il n'y a pas, comme dans l'ascension, de travail de résistance de la pesanteur. Il n'y a, en réalité, à compter avec la force de la gravité que pour élever l'appareil à l'altitude de marche et l'y maintenir. On a dit à tort que ce travail était celui qu'il faudrait pour remonter, à chaque seconde, l'appareil à la hauteur d'où il serait descendu dans le même temps muni d'un parachute. Alors, si l'appareil reste au même niveau dans l'air en suivant une trajectoire absolument rectiligne ou légèrement ondulatoire, le travail dépensé par le moteur est uniquement employé pour écarter et chasser les filets d'air déplacé. C'est la force vive de la masse fluide ainsi agitée qui représente donc tout le travail consommé.

Comme dans le vol plané de l'oiseau par chutes et rebondissements, l'aéroplane est porté en haut en inclinant vers le ciel l'axe longitudinal de l'appareil. Lorsqu'il redescendra suivant une pente faible à une altitude moindre, par l'effet de la pesanteur, il regagnera la plus grande partie du travail dépensé pour s'élever, et, si l'angle de chute est faible, c'est-à-dire si la pente de sa trajectoire est douce, la vitesse dont il sera animé alors aura une direction voisine de l'horizontale et l'aidera à fournir le mouvement de translation.

La théorie, comme l'expérience, démontre qu'il y a avantage à ce que l'angle d'inclinaison, qu'on pourrait appeler l'angle

d'essor, soit égal à l'angle d'attaque des plans sustentateurs, c'est-à-dire que les plans sustentateurs, pour partir, fassent avec l'horizon un angle double de l'angle d'attaque, en d'autres termes, que l'axe de l'appareil suive la direction de la bissectrice.

C'est également cette indication qu'on trouve dans la remarquable étude faite par le colonel Vallier, qu'il a présentée à l'Académie des Sciences, dont il est membre correspondant, et qu'il a publiée dans la *Revue de Mécanique* sous le titre : « Notes sur la dynamique de l'aéroplane ».

Résumé de l'étude du colonel Vallier sur la dynamique de l'aéroplane.

Dans son résumé, le colonel Vallier se défend d'avoir songé à établir un projet même rudimentaire d'aéroplane. Cependant il donne à ce sujet des indications extrêmement précises dans la deuxième partie, qui comprend quatre chapitres. Le premier chapitre est consacré à l'examen de la marche d'un aéroplane et de l'énergie propulsive qui lui est nécessaire pour se soutenir, sans rechercher comment cette énergie, fournie par le moteur transporté, était transformée en puissance propulsive. Le colonel Vallier dit qu'il a retrouvé et complété des résultats déjà publiés par M. l'ingénieur de la marine Henry dans son étude : *Aviateurs et Aéroplanes*.

Le deuxième chapitre traite des relations qui doivent exister entre les organes de l'aéroplane proprement dit (ailes sustentatrices) et ceux de l'hélice propulsive. Il y met en évidence l'erreur que l'on commettrait en oubliant que la vitesse effective de l'hélice propulsive doit être appréciée en tenant compte de la vitesse d'entraînement de l'aéronat. — Après avoir signalé ce point important de la théorie, il établit les conditions définitives de régime de l'appareil, entraîné par une hélice (couplée

en général) tournant autour d'un axe horizontal et soutenue par des ailes inclinées.

Le colonel Vallier ajoute que le problème ainsi traité est loin de représenter les conditions de régime réel, et donne des solutions beaucoup trop favorables; on n'en arrive pas moins à constater que, dans l'état actuel de l'industrie, et à moins de découvertes absolument improbables, un tel aéronat ne saurait être pratiquement réalisé. L'essai de M. Santos-Dumont à Bagatelle a donné un heureux démenti à l'observation pessimiste du colonel Vallier; cet essai infirme également la conclusion par laquelle il a terminé son remarquable travail, et où il disait que le navire aérien et autonome, c'est-à-dire se soutenant et se mouvant à l'aide de la seule énergie qu'il transporte, ne semble pas pouvoir être réalisé sous la forme d'aéroplane simple.

Avec le capitaine Ferber, je crois que cette observation résulte d'une erreur commise dans un des calculs en ce qui concerne l'angle d'attaque. Mais je ne veux pas contredire le colonel Vallier quand il exprime la pensée que l'on parviendra à constituer le navire aérien sous la forme d'aéroplane mixte, la sustentation étant assurée par un mécanisme d'hélicoptère et la « stabilité » par un empennage convenable.

Je ne voudrais pas qu'on m'attribuât un rôle de proscripteur à l'égard de l'emploi de l'hélice ou autre appareil similaire pour créer une sustentation directe, surtout quand on disposera de moteurs plus puissants par rapport à leur poids. Il pourra être utile, et même nécessaire dans beaucoup de cas, d'adjoindre des hélices sustentatrices à l'aéroplane soit pour pouvoir plus rapidement s'élever verticalement, soit pour amortir plus facilement sa descente et compléter avec les plans sustentateurs l'effet de parachute.

Appréciation des récents essais avec les aéroplanes actuels.

La question de la dirigeabilité des aérostats avait fait un grand pas avec l'expérience du ballon la *France* en 1884, mais elle était restée dans l'ombre jusqu'aux expériences de M. Santos-Dumont en 1900. Nous convenons que ce dernier n'a pas eu à revivifier la question du plus lourd que l'air qui, depuis les expériences de Lilienthal, de Chanute et des frères Wright, était remise sur le tapis et passionnait un grand nombre de chercheurs. Mais on peut dire qu'autour de lui on tâtonnait et que, si d'autres avaient mis un moteur sur un aéroplane, ils n'avaient pas quitté le sol ou s'étaient à peine soulevés de quelques centimètres. Il en a été malheureusement ainsi pour d'autres appareils volateurs, tels que l'aéroplane de M. Maxim, qui avait coûté plus d'un million au célèbre inventeur du canon, et l'Avion de M. Ader qui a été expérimenté au camp de Satory, ainsi que me l'a rappelé M. André Binet, ingénieur, ancien élève de l'École polytechnique, qui a assisté à cet essai. On peut voir l'Avion suspendu à la voûte de la chapelle du Conservatoire des Arts et Métiers, et l'on se convaincra que son auteur avait déployé là une ingéniosité extraordinaire, digne d'un meilleur sort.

Il est permis de regretter que M. Ader, ainsi qu'il l'a expliqué dans une brochure récente intitulée *La première étape de l'Aviation militaire en France*, n'ait pas trouvé le concours qu'il avait sollicité du gouvernement pour reprendre ses expériences. Aujourd'hui, au lieu d'un moteur à vapeur, il emploierait un moteur à pétrole et ainsi il allégerait considérablement son appareil qui, à mon avis, au point de vue de la structure des ailes sustentatrices, offrait de très grandes chances de succès.

Est-il nécessaire devant vous, messieurs, qui par votre présence et l'attention bienveillante que vous avez bien voulu me conserver pendant plus de deux heures, ce dont vraiment j'ai à m'excuser, de passer en revue les expériences qui ont été exécutées depuis celle de M. Santos-Dumont? Plusieurs d'entre vous

y ont certainement assisté ; presque tous en ont eu connaissance par les revues spéciales et par les journaux de la grande presse qui consacrent chaque jour une place notable à tout ce qui touche à l'aéronautique et en particulier à l'aviation. Vous connaissez ainsi les essais qui ont été entrepris tantôt à Bagatelle, lieu célèbre du premier vol artificiel, puis au polygone de Vincennes et enfin au champ de manœuvre d'Issy-les-Moulineaux. C'est là que le 13 janvier dernier a eu lieu le triomphe de M. Farman qui a remporté le Grand Prix d'aviation de 50 000 francs fondé par



FIG. 8. — FARMAN GAGNANT LE GRAND PRIX D'AVIATION.

MM. Deutsch et Archdeacon. On sait que la condition de l'épreuve était de parcourir un kilomètre en l'air en boucle fermée.

Tel était le bilan de l'aviation au moment où apparut notre première édition. Il parait bien maigre aujourd'hui malgré l'enthousiasme énorme qu'avaient excité les premières épreuves que nous avons rappelées, en comparaison des magnifiques victoires remportées depuis par MM. Farman et Delagrange en France, et par MM. Orville et Wilbur Wright en Amérique. En consacrant aux célèbres aviateurs américains un chapitre additionnel, nous sommes heureux de combler une lacune dont la faute est imputable au secret impénétrable dont ils avaient si longtemps entouré leurs travaux et leurs expériences qui remontent à 1902.

Par l'énumération que nous y donnons des principales étapes accomplies à cette heure on jugera des progrès rapides, et prodigieux qu'a fais la navigation aérienne par l'aéroplane.

Dans notre conférence du 16 février nous avions dit que l'on était en droit d'espérer que l'année ne s'écoulerait pas sans que l'on eût éffectué des parcours aériens de 10, 20 et même 30 kilomètres. On a vu que MM. Farman et Delagrange en se maintenant en l'air plus d'une demi-heure ont justifié nos prévisions qui, cependant, avaient fait sourire bien des incrédules. Dans son expérience du 2 octobre, M. Farman a atteint 40 km. mais ces distances sont encore dépassées dans les expériences exécutées par M. Orville Wright à Fort-Meyer, et M. Wilbur Wright au camp d'Auvours, notamment dans celle du 21 septembre où ce dernier est resté dans l'espace pendant 1 h. 31′ 25″ en parcourant la distance contrôlée de 66 km. 600.

Jusqu'ici la plupart des essais entrepris par les aviateurs ont été interrompus plutôt par l'arrêt du moteur que par une brusque variation dans l'état de l'atmosphère. Le succès paraît donc dépendre surtout de l'endurance du moteur; tant qu'il peut tourner il n'y a pas de raison pour que l'aéroplane cesse de voler, surtout en temps calme. C'est dans cet ordre d'idées que l'auteur, à la suite de MM. Deutsch et Archdeacon, surnommés les premiers Mécènes de l'aviation avait fondé un prix de 10 000 fr. pour être attribué au propriétaire du premier appareil d'aviation, dérivé du principe du plus lourd que l'air, qui, s'élevant du sol, resterait dans l'espace pendant un quart d'heure.

C'est le 6 juillet, au champ de manœuvre d'Issy-les-Moulineaux, que M. Farman a amplement gagné ce prix en restant en l'air 20′ 20″ avec son aéroplane. Le récit de cette grande journée d'aviation a fait l'objet d'un article très détaillé sous la signature de M. G. Blanchet dans l'*Aérophile* du 15 juillet. Il y rappelle dans un sentiment d'équité que M. Delagrange avait eu l'honneur de réussir le premier vol mécanique d'un quart d'heure, le 30 mai à Rome.

Dans cette même journée du 6 juillet, M. Blériot qui s'était mis sur les rangs pour concourir, avait exécuté plusieurs belles envolées dont l'une d'elles avait duré plus de 8 minutes.

Ces belles performances dépassées par celles des frères Wright, sous la réserve de la vitesse, montrent que la conquête de l'air par l'aéroplane, est un fait accompli et qu'ainsi est exaucé le vœu du grand poète dont je crois devoir encore citer le dernier passage de sa belle lettre à M. Nadar

« La locomotive jette ses vieilles roues et ses vieilles nageoires; elle a mieux. L'homme devient oiseau. Et quel oiseau! L'oiseau qui pense. L'aigle, plus l'âme.

« Transfiguration magnifique : l'atmosphère annexée à l'homme. Prise de possession par l'homme de sa maison. Entrée en jouissance du globe. C'est fini. Ce globe, donné par Dieu au genre humain, à la condition du travail, nous le tenons. Les quatre vieux éléments des anciens nous appartiennent désormais. L'homme a eu d'abord la terre, puis il a pris l'eau, voilà enfin qu'il saisit l'air. Quant au feu, il est en nous : c'est la pensée. L'homme avait une ironie au-dessus de sa tête. Ce vaste ciel ouvert était une porte fermée. L'azur béant lui disait : on n'entre pas. La tradition humaine depuis Icare jusqu'à Pilâtre de Rozier, racontait avec épouvante la chute de ceux qui étaient allés se heurter le front à cette défense. Astronome, oui; aéronaute, non. Le télescope avait beau triompher, l'itinéraire restait misérable. Quelque chose de l'homme allait jusqu'aux astres et rien jusqu'aux nuées. LE MOINDRE HOCHEQUEUE RAILLAIT NEWTON PENSIF. Or, c'est en fait de la résistance d'en haut. Le verrou de l'abîme est tiré. Partout où l'homme pourra respirer, il ira. Toute la quantité de ciel possible à la vie terrestre est ajoutée à la terre, et la ligne verticale est praticable. Les contes d'Orient disent qu'il y a dans le ciel une perle. Cette perle inaccessible et cachée, c'est sans doute l'Atlantide retrouvée, la paix, la fraternité, l'amour, la divine joie de l'homme heureux dans la justice. Eh bien, si cette perle ne veut pas qu'on la saisisse, qu'elle prenne garde à elle : voici le plongeur. »

Mais avant que le rêve du poète soit réalisé comme il l'imagine, il faudra que les appareils d'aviation qui, comme toute invention nouvelle, sont loin d'être parfaits, soient étudiés de plus près et améliorés dans leur construction, aussi bien pour l'ensemble que pour les détails. — Dans quel sens doivent être dirigés ces perfectionnements?

Indication des perfectionnements à apporter aux aéroplanes.

Tout d'abord au point de vue de la configuration générale que doivent avoir les volateurs, il est évident qu'en dehors de la question d'esthétique qui a moins d'importance que pour les automobiles, il faut tenir compte, pour les parties constitutives, des formes qu'impose la théorie aidée de l'expérience. Sans doute l'aéroplane tant qu'il sera monté par une seule personne conservera la physionomie d'un grand oiseau. Peut-être même affectera-t-il celle d'un insecte, par exemple d'une libellule. A ce propos je crois devoir regretter qu'on ait laissé dans l'ombre le vol des insectes et notamment celui des coléoptères. Comme M. Legrand, licencié ès sciences, qui vient de déposer un pli cacheté à l'Académie des Sciences, je crois que l'on pourra s'inspirer utilement pour les appareils mixtes du vol des coléoptères, tels que le scarabée, le hanneton, le lucane ou cerf-volant. Les élytres seront les plans sustentateurs et directeurs et les ailes qui sont en dessous feront fonction de propulseurs; le travail de M. Legrand donne l'analyse du mouvement très compliqué des ailes et il indique un appareil permettant de reproduire mécaniquement la caractéristique du vol de ces insectes. Dans ce dernier cas, au lieu des moteurs à mouvement alternatif il pourra être avantageux d'employer les moteurs rotatifs, notamment les turbomoteurs, qui permettront de donner à l'hélice un nombre de tours se rapprochant du nombre de battements des ailes. On gagnera aussi sur le rendement du moteur, puisqu'on évitera la perte qui résulte de la transformation du mouvement alternatif en mouvement rotatif.

Considérons maintenant les organes séparément en commençant par les moteurs.

Moteurs.

Qu'il s'agisse d'un ballon dirigeable ou d'un appareil volateur: aéroplane, orthoptère ou hélicoptère, pour déplacer l'un ou

l'autre de ces engins dans l'atmosphère, il faut une force motrice notablement plus grande que celle qui est nécessaire pour faire mouvoir un bateau dans l'eau; c'est la différence de nature et de densité des deux fluides qui justifie cette augmentation de puissance.

Pour obtenir dans le milieu essentiellement ténu et mobile de l'air le point d'appui indispensable à la sustentation et au déplacement, il faut que les palettes du propulseur, qui jusqu'à nouvel ordre est l'hélice, frappent l'air avec la plus grande énergie et donnent un choc rapide. De là l'obligation d'avoir à sa disposition un moteur puissant et léger. Or, jusqu'ici, on n'a pu sous un faible poids utiliser la vapeur ou l'électricité comme source d'énergie capable de remplir le but proposé. La machine à vapeur employée par Giffard et le moteur électrique dont ont fait usage MM. Tissandier, puis MM. Renard et Krebs dans leur célèbre expérience de 1884, étaient beaucoup trop lourds et trop encombrants.

Par une heureuse coïncidence, grâce au développement de l'automobilisme, le moteur à explosion alimenté par l'essence de pétrole a réalisé les conditions désirées.

C'est ce genre de moteur que M. Santos-Dumont a eu le mérite d'appliquer la première fois dans son dirigeable et qui, en octobre 1901, lui a permis de gagner le prix Deutsch.

Sans qu'il soit besoin d'insister, on comprend l'importance qu'il y a encore à diminuer le plus possible le poids du moteur dans les appareils aéronautiques. La nécessité de cet allégement des moteurs a été formulée d'une façon très nette par le colonel Renard dans la communication présentée en son nom, en décembre 1903, à l'Académie des Sciences. Il a montré que la sustentation par les hélices, pratiquement impossible avec les moteurs pesant 10 kilos par cheval, commence à être réalisable avec les moteurs actuels dont le poids est descendu à 5 kilos par cheval et même à un chiffre inférieur; elle deviendra très facile avec des moteurs pesant 2 kg. 500 par cheval. Dans une autre formule, le colonel Renard établit que le maximum du poids utile soulevé est proportionnel à la puissance d'un coefficient qui ne dépend que de la perfection du type d'hélice et sur lequel on ne peut guère espérer d'amélioration; il est inversement proportionnel au carré du poids des hélices et à la sixième puis-

sance du poids spécifique du moteur. Il conclut « qu'avec des moteurs de 1 kilo par cheval on pourra soulever 160 000 kilos, mais le poids utile tombera à 220 kilos pour des moteurs de 3 kilos par cheval ».

Parmi les moteurs les plus aptes aujourd'hui à réaliser les conditions requises pour la solution du problème de l'aviation, on peut citer les moteurs Antoinette, Farcot, et Esnault-Pelterie.

Le moteur Antoinette (voir fig. 9), étudié par M. Levavasseur, a fait preuve jusqu'ici d'un fonctionnement assez satisfaisant pour la propulsion des aéroplanes. Il est ordinairement constitué, pour une puissance nominale de 50 chevaux, par 8 cylindres répartis en deux séries de part et d'autre de son plan de symétrie. Ces plans contenant les axes de chaque série de cylindres forment un angle de 90°. Une chemise d'eau opère le refroidissement des cylindres. Le poids du moteur est de 1 kg. 5 par cheval pour une puissance de 50 chevaux. Il peut descendre à 1 kilo pour une puissance de 100 chevaux.

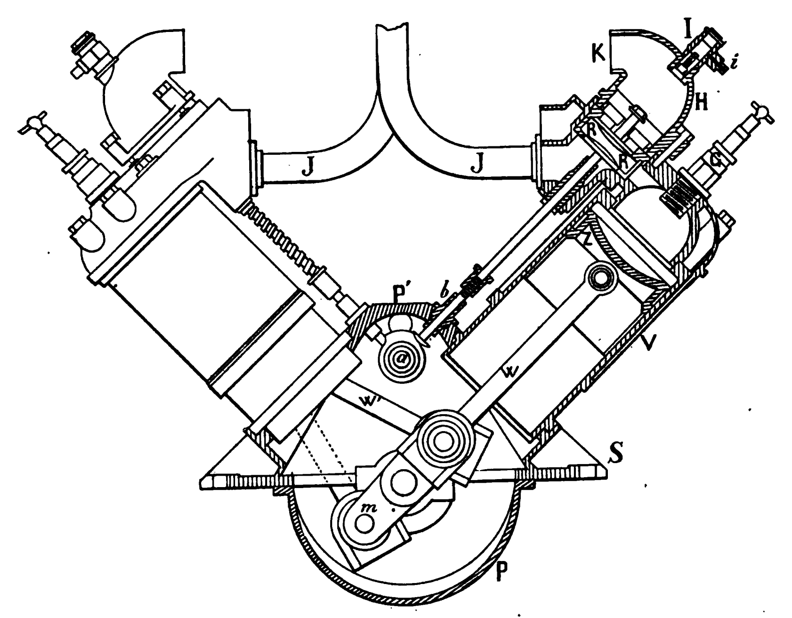


FIG. 9. — COUPE DU MOTEUR ANTOINETTE.

M, manivelle; W W', bielles; Z, piston; P', arbre des cames; *b*, poussoir; R, soupape aspiratrice, R', soupape d'échappement; K, prise d'air; *i i'*, carburateur; G, bougie; V, chemise d'eau; S, patte d'attache; P, cuvette; J, échappement.

Le système construit par M. Farcot et dénommé « aéromoteur » comporte aussi deux séries de cylindres groupés en V. Au fond de chaque cylindre est une soupape unique pour l'admission et l'échappement commandée sans culbuteurs et produisant l'effet de deux soupapes.

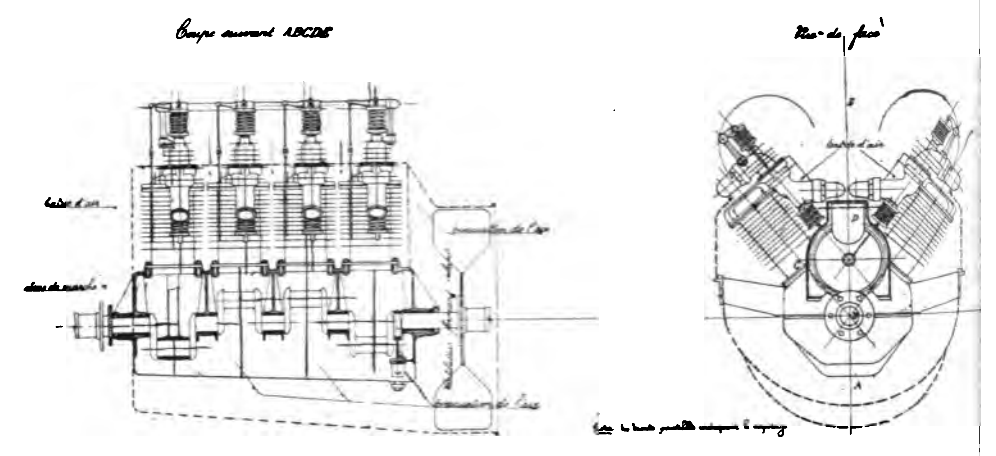


FIG. 10. — VUE DE L'AÉROMOTEUR FARCOT.

Le refroidissement des parois du cylindre est opéré par une ventilation énergique et méthodique autour desdites parois. Par suite des dispositions adoptées, M. Farcot nous a dit avoir réduit le poids du moteur à 1 kg. 100 en ordre complet de marche avec allumage, carburateur et appareil de refroidissement des cylindres.

De son côté M. Esnault-Pelterie qui, depuis plusieurs années s'occupe d'aviation et qui a commencé par reproduire les glissades de Lilienthal avec un appareil imité de celui des frères Wright, a compris qu'il fallait sortir des sentiers battus et créer un nouveau moteur à essence de pétrole, particulièrement propre à l'aéronautique. Réunissant à la fois les qualités du savant et les connaissances techniques de l'ingénieur, il a réussi à construire un moteur sur des principes nouveaux ayant pour but d'arriver à la plus grande légèreté sans diminuer en rien la solidité des organes.

Son idée directrice principale a été de ne jamais faire travailler les pièces du moteur au-dessus du taux de fatigue ou de

résistance admissible, qui est 18 kg. par millimètre carré pour les bons aciers. Or ces taux de travail se trouvent atteints dans nombre de vilebrequins d'automobiles. La voie à suivre pour réaliser un moteur léger et solide n'est donc pas celle qui consisterait à réduire les sections et les moments d'inertie des pièces.

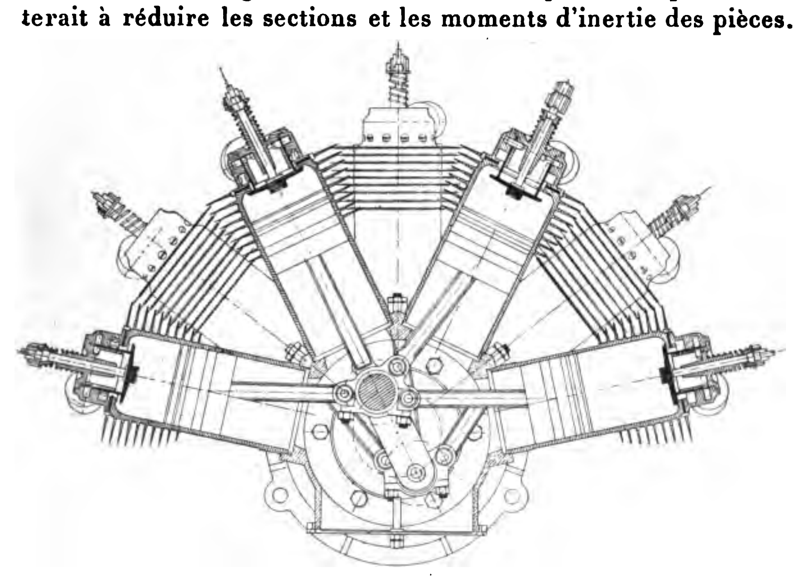


FIG. 11. — COUPE DU MOTEUR ESNAULT-PELTERIE.

Le desideratum, comme l'a très bien dit M. Esnault-Pelterie, dans sa remarquable communication à la Société des Ingénieurs civils, doit donc être d'égaliser le couple moteur qui, dans les moteurs à explosion, n'a d'action que pendant une petite fraction du temps total. A cet effet, il faut disposer le plus grand nombre de cylindres autour du même manneton en les plaçant par conséquent en étoile autour de l'axe de rotation.

Dans le type de moteur qu'il a construit jusqu'à présent et qui a donné d'excellents résultats, M. Esnault-Pelterie répartit les cylindres de son moteur radialement ou en étoile dans deux plans verticaux parallèles, de manière qu'ils soient situés tous au dessus du plan horizontal passant par l'arbre du moteur. Ce moteur est théoriquement équivalent à un moteur dont tous les cylindres seraient radiaux et situés dans un même plan, mais l'inventeur a préféré les placer tous au-dessus de façon à leur assurer un graissage parfait. Ainsi, sur les sept cylindres

qui composent le moteur, tel qu'il est représenté au dessin, il y a un premier groupe de quatre cylindres et un second de trois, et seulement deux manivelles pour les sept bielles. On économise donc cinq manivelles sans diminuer en rien la solidité de l'arbre.

Une autre particularité de ce système est, qu'ainsi que l'indique la théorie, pour répartir d'une manière uniforme les explosions ou les temps moteurs, le nombre de cylindres doit être un nombre impair. La disposition en étoile complète de ces cylindres permettrait de faire la distribution avec une seule came, mais elle se trouve dédoublée en deux cames décalées à 180°, puisqu'il y a deux plans de cylindres.

Faisons remarquer en outre que chaque cylindre est muni d'une soupape unique à double levée qui produit successivement l'aspiration et l'échappement. Le refroidissement des cylindres est opéré par des ailettes; le modèle 30-35 chevaux pèse nu 47 kg. 500, soit 1 kg. 36 par cheval, et en ordre de marche 52 kg., soit par cheval 1 kg. 500.

Ce moteur a été fait plus spécialement pour servir à l'aviation; lorsqu'il est muni de ses accumulateurs, de sa bobine et de son hélice, son poids n'atteint pas tout à fait 60 kilos, soit moins de 2 kilos par cheval.

Les expériences qu'a faites M. Esnault-Pelterie sur le terrain de Buc près Versailles, ont démontré le bon fonctionnement de son moteur. Aux essais au banc, c'est-à-dire à terre, le moteur a tourné plus d'une heure sans s'échauffer, le tourbillon d'air produit par l'hélice étant suffisant pour provoquer le refroidissement.

Je partage complètement l'avis que M. Soreau a émis à la fin de la remarquable communication qu'il vient de faire à la Société des Ingénieurs civils. Il ne faut pas trop maintenant chercher à réaliser une grande légèreté dans les moteurs, si elle devait être obtenue au détriment de la solidité et du bon fonctionnement. Cependant, ainsi que cela résulte de la discusssion qui a eu lieu à la suite de cette communication entre MM. Limet, Périssé, Guillet,... on pourra encore gagner sur le poids en employant l'aluminium, métal extra-léger, pour certaines parties du moteur, notamment pour les pistons ou en ayant recours à un des aciers nouveaux à coupe rapide qui sont d'une dureté

exceptionnelle, par exemple les aciers au vanadium. On pourra peut-être améliorer dans ce sens les organes de carburation et d'allumage.

L'hélice pourra être également perfectionnée dans la nature de sa surface. A vrai dire, comme le pense le capitaine Ferber, le rendement de l'hélice n'est pas si mauvais qu'on le croit.

Après avoir donné les formules destinées à établir un projet d'aéroplane, le capitaine Ferber indique, pour le calcul du rendement de l'hélice, les formules suivantes :

(1) $$F = \alpha h r n^2 d^4$$

(2) $$T = 2(\beta h^2 r + \beta')n^3 d^5$$

$\alpha \beta \beta'$ sont des coefficients d'expériences dont les valeurs moyennes sont égales à 0,033, 0,027, 0,003.

(3) $$r = \frac{nhd - V}{nhd}$$

F désigne la force de traction, T le travail dépensé, r le recul relatif, h le rapport du pas au diamètre d, V la vitesse d'avancement de l'hélice, n le nombre de tours par seconde.

A propos des hélices je me permets d'attirer l'attention sur un genre de construction d'hélices en bois qui sont extrêmement légères; le modèle que je vous présente a été construit par M. Lucien Chauvière, ingénieur-constructeur, qui jouit d'une réputation méritée pour le modelage et la construction des appareils d'aviation. C'est lui qui veut bien m'assister dans ma conférence pour les démonstrations.

Pour les aéroplanes à deux ou plusieurs personnes il y aura sans doute avantage à employer deux hélices au lieu d'une. Mais l'attention, à mon sens, devra être portée sur les organes sustentateurs ou planeurs. Ces organes devront-ils être monoplans, biplans ou multiplans?

Examen des organes sustentateurs et stabilisateurs.

Les expériences concluantes de MM. Santos-Dumont, Delagrange et Farman, ont démontré que les appareils biplans offraient déjà au double point de vue de la stabilité et de la diri-

geabilité des garanties sérieuses. Certains aviateurs cependant ont jugé utile, en se basant sans doute sur la théorie des surfaces lamellaires du colonel Renard, d'ajouter un troisième plan sustentateur analogue aux deux premiers. Tel est le type de l'aéroplane de l'ingénieur danois Ellehammer qui aurait fait quelques essais sur lesquels manquent des détails précis. Cet aéroplane rappelle, en général, par la disposition de sustentation et de stabilisation, l'aéroplane Stringfellow imaginé en 1848. Ce qu'il y a de très remarquable, c'est que cet aéroplane ne pèse

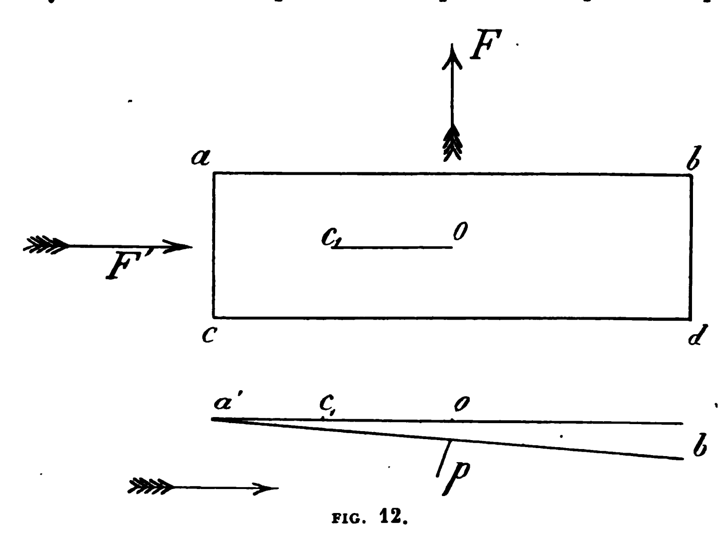


FIG. 12.

que 125 kilos, soit 205 kilos en ordre de marche. Le moteur très léger actionne à 900 tours une hélice à quatre branches en aluminium. La particularité la plus intéressante de cet appareil semble résider dans les procédés employés par l'inventeur pour obtenir un équilibre automatique. Il compte y arriver par deux moyens : 1° l'abaissement du centre de gravité à 1 m. 50 au-dessous du centre de résistance des plans; 2° un gouvernail de profondeur dont le jeu complètement automatique peut seulement être corrigé par l'aviateur.

Mais aujourd'hui, il y a une tendance, en ce qui concerne les plans sustentateurs, à se rapprocher le plus possible de la forme de la libellule comme dans l'aéroplane Blériot ou de celle de l'oiseau comme dans l'aéroplane Esnault-Pelterie. Il est donc à

présumer que l'aéroplane de l'avenir sera monoplan et affectera l'une ou l'autre de ces formes types.

La stabilité serait alors obtenue de deux façons différentes :

Dans le premier cas, la libellule corrige la position de son centre de gravité en déplaçant plus ou moins les anneaux mobiles dont son corps est constitué. On peut donc supposer qu'une disposition analogue appliquée au corps principal d'un aéroplane de même forme donnerait de très bons résultats.

Dans le second cas, chez l'oiseau, l'équilibre est obtenu à chaque instant par le déplacement rapide de sa queue en tous sens. Cet organe joue en effet dans le vol un rôle considérable, ainsi que l'ont fort bien démontré certains auteurs et en particulier M. le Dr E. Gachassin-Lafite dans une communication qu'il a faite à la Société française de Navigation aérienne en 1877. Les conclusions auxquelles aboutit cet auteur sont les suivantes :

« Dans tout système traversant le milieu aérien, la queue n'a qu'une puissance aviatrice insignifiante à côté des ailes ou des plans antérieurs, mais en revanche son rôle est à la fois directeur et modérateur. La queue exerce une fonction rectrice dans tous les sens, et notamment dans celui de la rotation autour du centre de suspension dans un plan vertical; ses pennes élastiques se prêtent admirablement à cet objet, et son étroitesse relative est compensée par sa longueur qui lui permet de réagir avec une vitesse angulaire très grande contre les causes perturbatrices. Elle est, de plus, le principal facteur de l'insymétrie du corps de l'oiseau, sans laquelle il ne saurait y avoir de stabilité, et sa grande légèreté spécifique a pour conséquence de rendre très voisines les deux verticales du centre de gravité et du centre de la pression soulevante, conformément aux exigences du fonctionnement.

« Mais son rôle ne se borne pas là et se manifeste aussi bien dans le sens bilatéral que dans le sens antéro-postérieur.

« Supposons un système rectangulaire *abcd* (fig. 12), dépourvu d'appendice caudal et se mouvant dans l'espace, dans la direction F ; si ce plan subit l'influence du vent F′ normal à sa ligne de rhumb, il arrivera, pour peu qu'il souffle obliquement, ce qui est d'ailleurs la règle générale, que l'équilibre bilatéral sera détruit, la composante normale du courant gazeux ayant son point

d'application au point *c*. Bref, il se produira un mouvement de bascule bilatéral d'autant plus prononcé que le vent est plus fort et le bras de levier *co* plus long.

« Maintenant, si au lieu de cet appareil, nous envisageons un

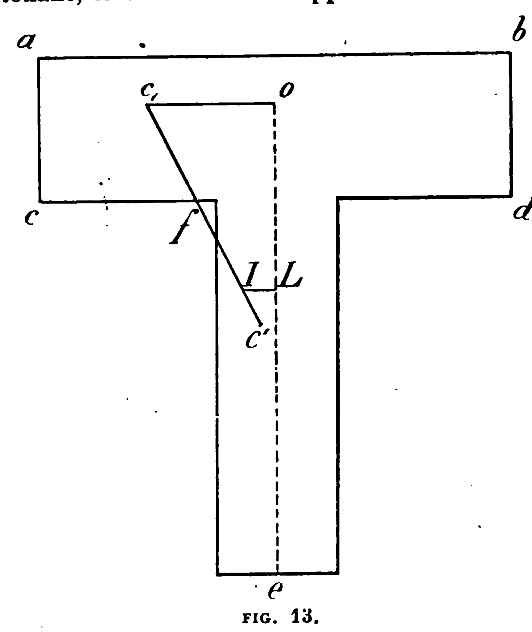


FIG. 13.

plan trigone *abcde* (fig. 13), les résultats dynamiques en seront profondément modifiés, car la force *c* aura à se composer avec celle qui agit en *c'*, centre de la pression développée sur la portion caudale *ef*, pression d'autant plus considérable que la tranche *ef* est cinq ou six fois plus longue que la tranche *ac*. La résultante de *c* et de *c'* sera donc en un certain point I plus rapproché du point *c'* que du point *c* et tel que le bras du levier LI est beaucoup plus court que *co*.

« Dans ces circonstances, la force perturbatrice du vent sera sinon tout à fait neutralisée, du moins fort amoindrie et parviendra d'autant plus difficilement à déranger l'équilibre qu'elle est contrariée par l'influence rectrice engendrée par les deux surfaces du plan aviateur, influence d'autant plus énergique que la vitesse est plus grande.

« Toutefois, bien que dans une mesure assez faible, le mouve-

ment de bascule bilatéral se produira et fera plus ou moins dévier le système de la ligne de rhumb. D'un autre côté, il y aura dérive par translation sous le vent, et l'effet de ce double processus sera d'entraîner le système à l'opposé du vent.

« La queue, pour remplir utilement le rôle qui lui est assigné ne doit pas dépasser une certaine longueur, en rapport pour

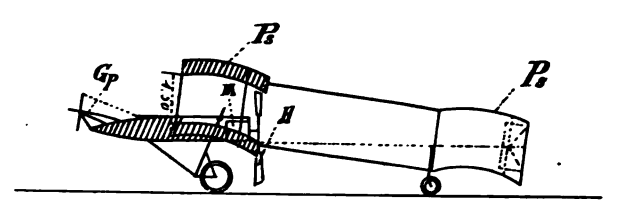


FIG. 14. — AÉROPLANE FARMAN N° 1. VUE EN ÉLÉVATION.

Ps, plans sustentateurs; Gp, gouvernail de profondeur; M, moteur; H, hélice.

chaque groupe zoologique, avec les autres éléments de stabilité.

Il ne faut pas en conclure cependant que l'appendice caudal soit absolument nécessaire à la fonction du vol, car on trouve à la suite de types parfaitement équilibrés et possédant les meilleures conditions de stabilité, comme les rapaces et les passereaux, des types proprement dits anormaux, chez lesquels le vol, bien qu'imparfait, est néanmoins rendu possible, grâce à certains artifices spéciaux. De ce nombre sont les oiseaux à queue très courte, tels que les canards et surtout les échassiers.

Dans cet ordre d'idées on peut volontiers comparer les trois types d'aéroplanes expérimentés jusqu'à ce jour avec succès à des genres d'oiseaux correspondants. Ainsi par exemple, l'aéroplane de M. Santos-Dumont avec sa poutre armée terminée par le gouvernail cellulaire à double direction représente le type du canard avec son cou allongé.

La caractéristique de l'appareil construit avec tant d'habileté par M. Voisin pour MM. Farman et Delagrange (voir fig. 14 et 15), est qu'il comporte comme sustentateurs des plans superposés (ils sont biplans) fixés, comme deux ailes, de part et d'autre au corps de l'appareil qui est une poutre effilée portant l'aviateur et le moteur avec l'hélice. En avant sont deux

petits plans articulés formant gouvernail de profondeur; à l'arrière est l'appendice également sustentateur consistant en

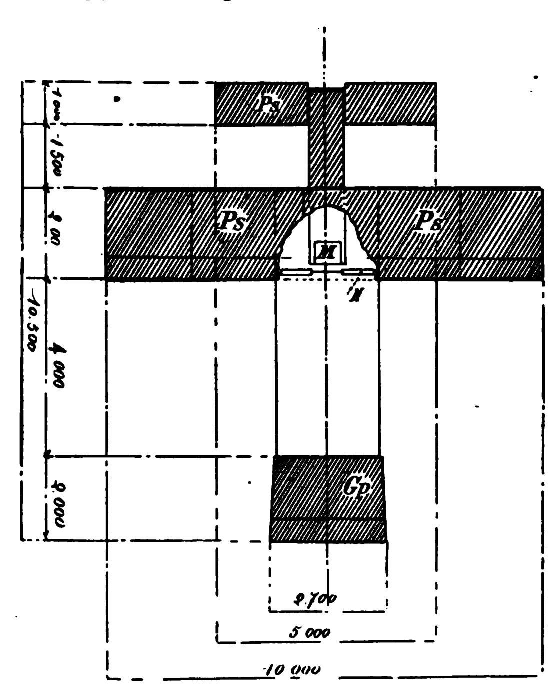


FIG. 15. — AÉROPLANE FARMAN N° 1. VUE EN PLAN.

une cellule dont le diaphragme médian sert de gouvernail de direction.

Le sustentateur principal et le sustentateur auxiliaire sont

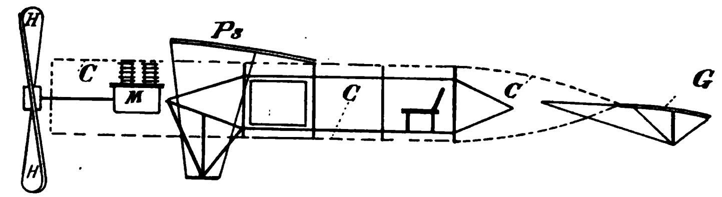


FIG. 16. — AÉROPLANE ESNAULT-PELTERIE. VUE EN ÉLÉVATION.
C, corps principal; H, hélice propulsive; Ps, plans sustentateurs; M, moteur; G, gouvernail.

comme l'avant et l'arrière-train d'une voiture, et par leur écartement augmentent l'empattement sur la surface de l'air et

par conséquent assurent la stabilité longitudinale de l'appareil. Par sa physionomie générale, ce type d'aéroplane se rappro-

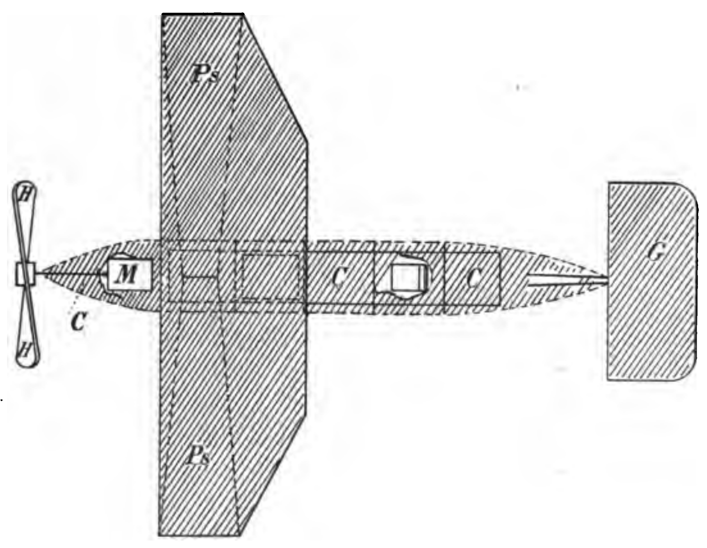


FIG. 17. — AÉROPLANE ESNAULT-PELTERIE. VUE EN PLAN.

cherait plutôt des grands oiseaux planeurs, tel que l'albatros.

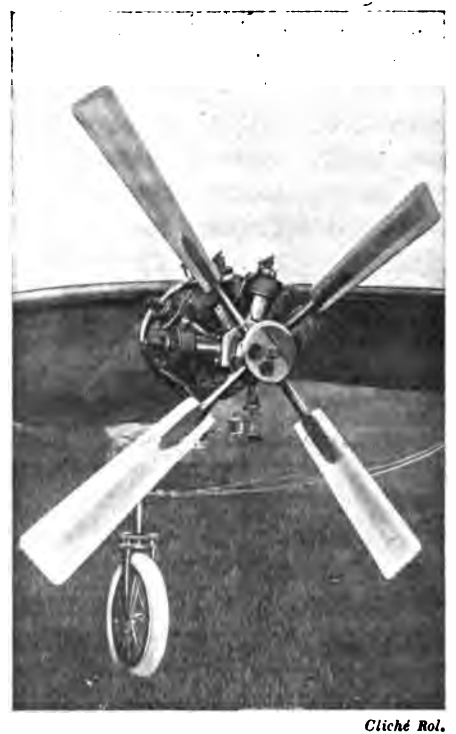
Enfin, c'est l'hirondelle que M. Esnault-Pelterie paraît avoir



FIG. 18. — L'AÉROPLANE ESNAULT-PELTERIE AU DÉPART.

prise comme modèle dans son type d'aéroplane (voir fig. 16, 17, 18, 19, aéroplane Esnault-Pelterie, moteur et hélice), où l'hélice

est placée tout en avant, tandis que le plan arrière articulé ana-



Cliché Rol.
FIG. 19. — MOTEUR ET HÉLICE DE L'AÉROPLANE ESNAULT-PELTERIE.

logue à la queue de l'oiseau, constitue le gouvernail de profondeur.

Conditions d'équilibre des aéroplanes.

Puisque nous envisageons la question de stabilisation des aéroplanes, il est intéressant de signaler ici le travail de M. J. Rodet sur cet important sujet paru dans la *Revue de Mécanique* du 29 février 1908. On y trouve exposés en quelques lignes les

moyens employés jusqu'ici et quelques considérations sur un procédé spécial pour équilibrer un aéroplane. L'aéroplane, dit-il, est équilibré si, à chaque instant pendant sa marche, quelles que puissent être les influences extérieures, le centre de gravité de l'ensemble coïncide avec le centre de pression de la voilure.

D'après cette définition, l'équilibre de l'aéroplane sera résolu si, pendant le vol, on parvient à replacer en leur position, par quelque procédé que ce soit, le centre de gravité ou le centre de pression qui en ont été écartés par des influences extérieures.



Cliché Rol.

FIG. 20. — AÉROPLANE DELAGRANGE.

L'équilibre à obtenir est donc double : équilibre longitudinal (dans le sens de la marche) et équilibre latéral. Ce dernier est généralement atteint par les ailes en V, c'est-à-dire déployées suivant un angle très obtus comme par exemple chez Santos-Dumont, Blériot, etc.; l'équilibre longitudinal donne plus de préoccupations et est de beaucoup le plus important.

Les procédés d'équilibre qui ont été étudiés sont rangés en deux catégories :

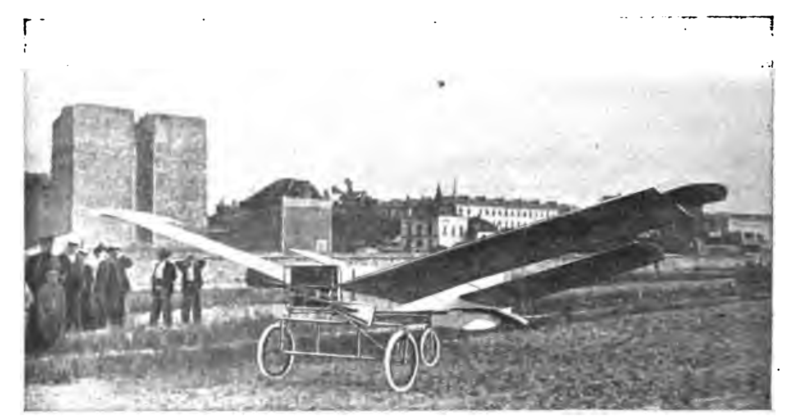
1° L'équilibre humain, nécessitant la présence de l'homme dans l'appareil.

2° L'équilibre automatique, indépendant de la volonté de l'opérateur.

Équilibre humain. — Dans ce cas l'aviateur lui-même déplace soit le centre de gravité de l'appareil par des mouvements

réflexes de son corps, soit le centre de pression en agissant sur des gouvernails mobiles horizontaux placés généralement à l'avant de l'aéroplane. Cette façon adoptée, paraît-il, par les frères Wright, est subordonnée à une éducation longue et difficile de l'aviateur. D'autre part, ce dernier est suffisamment préoccupé de son moteur pour qu'il soit très désirable qu'il n'ait plus à se soucier de l'équilibre de son appareil.

Équilibre automatique. — Il est indépendant de la volonté de l'opérateur. On l'obtient soit en agissant sur la position du centre de gravité, soit sur celle du centre de pression : par le



Cliché Rol.

FIG. 22. — AÉROPLANE BLÉRIOT.

centre de gravité en plaçant celui-ci très bas au-dessous du plan alaire moyen, ce qui a pour effet de fournir un puissant couple de rappel lorsque le centre de gravité s'écarte de sa position initiale. Par le centre de pression en combinant des surfaces sustentatrices de façon à provoquer le déplacement du centre de pression vers l'avant du plan alaire moyen. C'est dans ce but que M. A. Pénaud a le premier installé à l'arrière de son petit « planophore » une queue horizontale stabilisatrice. L'équilibre automatique peut également être obtenu au moyen de surfaces flexibles.

Mais les véritables procédés sont ceux qui, indépendants des effets perturbateurs, donneront une direction fixe dans l'espace et permettront à l'appareil de se déplacer pour revenir à sa position initiale lorsqu'il s'en sera écarté. Le gyroscope et

le pendule donneront peut-être le moyen d'obtenir ce résultat.

Équilibre automatique par le gyroscope. — Le gyroscope possède, on le sait, la curieuse propriété de conserver, dans certaines conditions, son axe de rotation fixe dans l'espace, fixité qui s'oppose énergiquement à tout déplacement de cet axe par des causes extérieures. Un tel appareil a déjà été indiqué et appliqué par plusieurs inventeurs pour supprimer le roulis et le tangage des navires. C'est M. Regnard, ingénieur, qui a suggéré le premier son application à l'aéroplane.

Équilibre automatique par le pendule. — Le pendule semble



Cliché Rol.

FIG. 22. — AÉROPLANE HENRI DE LA VAULX.

tout indiqué. Il a été proposé par M. Rodet d'abord, et aussi par M. Davidesco, ingénieur municipal de Bucarest qui l'applique à la commande automatique des deux gouvernails de profondeur placés à l'avant et à l'arrière de son nouvel aéroplane. Cet ingénieur espère ainsi arriver à rétablir à chaque instant l'équilibre longitudinal de son appareil; l'équilibre transversal étant maintenu par un système d'ailerons disposés de part et d'autre de la surface principale de sustentation. Comme moyen mécanique d'équilibre automatique indépendant des effets perturbateurs, le pendule donne une direction fixe : la verticale. MM. Cornu et fils ont du reste, de leur côté, fait breveter un système d'équilibre pendulaire pour leur hélicoptère.

Par des liaisons mécaniques assez simples, on peut faire agir

le pendule stabilisateur soit sur le centre de gravité de l'aéroplane, soit sur son centre de pression résultant, soit sur les deux en même temps. Dans la pratique, il y a avantage à commander par le pendule à la fois la position des deux centres, ce qui donne une plus grande stabilité au régulateur et procure une plus grande sécurité. Le pendule permet d'associer d'une façon très simple l'équilibrage longitudinal et l'équilibrage transversal. Pour réaliser l'équilibre longitudinal, on supposera suspendu, à l'arrière de l'aéroplane, un pendule mobile, autour d'un axe horizontal perpendiculaire à la direction de la marche. On peut agir sur le centre de pression en déplaçant convenablement par ce pendule la toile du gouvernail horizontal arrière, et, sur le centre de gravité, de deux façons : « en déplaçant un poids constant à l'arrière de l'appareil, procédé peu sensible et irréalisable en pratique ou en ajoutant ou retranchant à l'arrière de l'appareil un poids convenable dont l'action s'annule automatiquement dans la position d'équilibre ».

Comme je l'ai dit, on construit et on expérimente actuellement en France plusieurs aéroplanes parmi lesquels il faut citer ceux de MM. Kapférer, Vuia, Delagrange, Blériot, Henri de la Vaulx, Esnault-Pelterie, Mangin-Gastambide. — MM. Levavasseur et le capitaine Ferber font également construire des aéroplanes à deux places dont le moteur développera une force de 100 chevaux. Enfin M. Farman achève en ce moment son aéroplane n° 2 qui, comme le montre la figure 23, se rapproche du type Langley. D'après l'*Aérophile* qui en donne une description et auquel cette figure est empruntée, le nouvel aéroplane Farman disposera de cinq paires d'ailes : trois en avant, constituant les plans sustentateurs, deux en arrière formant gouvernail. Ces plans sont disposés en escalier sur un corps fusiforme.

L'expérience, d'accord d'ailleurs avec la théorie, montre qu'il y a avantage à appliquer les dispositions ci-après :

1° Il convient de donner la plus grande longueur possible à l'aéroplane, ce qui correspond à ce que l'on appelle l'empattement pour automobiles. — Grâce à l'écartement assez grand qui existe entre la cellule formant queue et les sustentateurs, l'appareil trouve en quelque sorte plus d'assiette sur l'air. Il y a plus de stabilité longitudinale, mais il convient de dire que la cellule rend les virages plus difficiles.

2° La convexité donnée à la surface extérieure des sustentateurs facilite le glissement sur l'air, et l'arête qui sert d'attaque étant effilée en forme de couteau lui donne une plus grande facilité de pénétration dans l'air.

Jusqu'ici, les sustentateurs biplans, c'est-à-dire cellulaires, paraissent avoir donné les meilleurs résultats. Toutefois les sustentateurs monoplans pourront rivaliser avec les premiers, mais selon

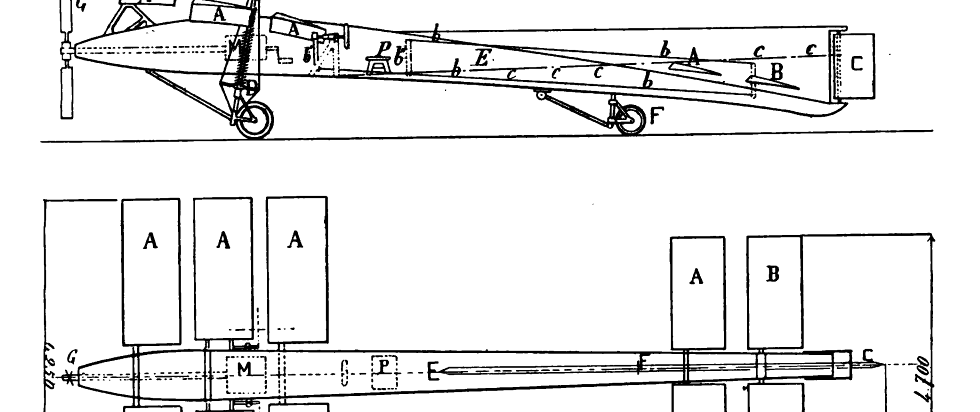


FIG. 23. — NOUVEL AÉROPLANE FARMAN.

A, plans porteurs; B, gouvernail horizontal; C, gouvernail vertical; D, châssis à roues orientables; E, corps de l'appareil; F, roues arrière; G, hélice; M, moteur; *c, c*, commande du gouvernail vertical, venant s'enrouler sur la poulie *p*; *b*, commande du gouvernail horizontal obtenue par le coulissement de l'arbre du volant dans la pièce de support omise, agissant : 1° sur le levier *b'* et 2° par un système de renvoi *b"* sur la commande; P, pilote. Poids : 600 kg.; moteur Renault 50 chevaux; vitesse d'allégement : 22 mètres; surface : 24 mètres carrés. Échelle : 1/127.

moi, à la condition de diviser les plans en plusieurs sections, comme le font si ingénieusement MM. Voisin frères, dans la construction du nouvel aéroplane de M. Farman, et de celui de M. Goupy.

Cette disposition fractionnée a le double mérite, que vérifiera sans doute l'expérience, d'augmenter les arêtes d'attaque et en même temps d'aider à l'écoulement de l'air dans les parties où l'action de l'air paraît avoir moins d'efficacité et surtout de mul-

tiplier les centres de pression ce qui a pour résultat d'augmenter la stabilité.

Pour étudier les courbures, tant de la surface extérieure que de la surface intérieure des sustentateurs, je pense qu'on devra s'inspirer des règles de la dynamique des fluides servant à déterminer la configuration des aubes des turbines à eau comme des turbines à vapeur. Lorsque les molécules d'air glissent sur les surfaces, elles produisent peut-être un choc utile, mais elles agissent surtout par réaction pour donner une composante de sustentation.

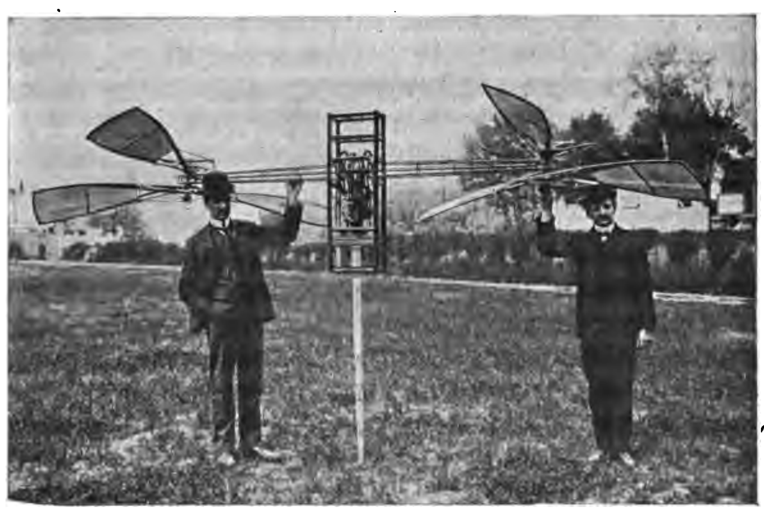
MM. Voisin, que j'ai eu l'avantage de voir récemment, m'ont montré des modèles d'aéroplanes non montés qu'ils construisent en assez grand nombre d'après le système de M. Chanute et qui sont destinés à des exercices de planement pour les sportsmen ou les jeunes gens agiles. Ces appareils ne pèsent que 17 kilos. C'est un bon apprentissage à recommander aux personnes qui veulent faire plus tard du sport avec des aéroplanes munis d'un moteur actionnant une hélice de propulsion.

Les hélicoptères, les orthoptères et les appareils mixtes.

Mais je ne me suis occupé jusqu'ici que des aéroplanes proprement dits, c'est-à-dire des appareils produisant la sustentation à l'aide de surfaces planes ou légèrement concaves auxquelles des hélices impriment un mouvement de translation horizontal. Or, il est nécessaire de rappeler que le problème du plus lourd que l'air admet plusieurs solutions, non moins dignes d'intérêt quoique moins avantageuses au point de vue du rendement du propulseur. On peut arriver à s'élever de terre, soit à l'aide des hélicoptères, comme ceux de MM. Dufaux (fig. 24) et Cornu, par exemple, soit avec des appareils appelés orthoptères, ou ornithoptères, en imitant le battement des ailes de l'oiseau et soit enfin à l'aide d'appareils mixtes tenant à la fois de l'hélicoptère et de l'aéroplane, comme le giroplane de MM. Bréguet, représenté par la figure 25.

Cet appareil se compose d'une sorte de bâti affectant la forme générale d'une croix de Saint-André, au centre de laquelle se trouve installé le moteur d'une puissance de 40 chevaux environ, et aux extrémités des bras de laquelle sont montés quatre systèmes giratoires composés de plans ou palettes légèrement inclinés.

Le giroplane, comme le dénomment les inventeurs, est muni



Cliché Rol.

FIG. 24. — HÉLICOPTÈRE DUFAUX.

de 32 ailes présentant une surface de 26 mètres carrés. Un siège à la partie inférieure, non loin du moteur, est disposé pour recevoir le pilote. Le poids total de l'appareil et de l'aéronaute, en ordre de marche a été de 578 kilogrammes.

Les premiers essais ont eu lieu le 24 août 1907; ils donnèrent, au point de vue de la sustentation, des résultats assez probants pour qu'ils fussent communiqués à l'Académie des Sciences, dans sa séance de septembre par MM. Lippmann et Gariel.

Ces expériences pourtant révélèrent, comme il fallait s'y attendre, quelques imperfections mécaniques qui décidèrent les inventeurs à modifier plusieurs détails de construction, notamment les embrayages.

De nouveaux essais furent tentés seulement le 20 septembre

suivant, après une mise au point plus sévère et cette fois les résultats furent plus satisfaisants.

Dès la mise en route, l'appareil, monté par M. Volumard, quitta instantanément le sol et s'éleva franchement à 1 m. 50 de hauteur. Des manœuvres tenaient en main les cordes fixées



Cliché Rol.

FIG. 25. — LE GIROPLANE BRÉGUET.

aux quatre extrémités de l'appareil pour l'empêcher de se déplacer latéralement ou de s'élever trop haut.

Après un vol d'une minute, l'expérience prit fin par suite d'une avarie à l'un des systèmes tournants nécessitant une réparation qui arrêta les essais.

Les conséquences mêmes de cet incident furent intéressantes en ce que : avec trois systèmes sustentateurs seulement, au lieu de quatre, l'appareil n'est pas tombé, mais il est redescendu à terre sans qu'aucune des parties avec lesquelles il a repris contact avec le sol ait subi de dégradation visible.

De ces essais l'on peut dire qu'il reste acquis qu'un appareil du poids de 578 kilogrammes exactement en ordre de marche avec son pilote a pu, à plusieurs reprises, et d'une façon absolument indiscutable, non seulement se maintenir dans l'air par ses propres moyens, mais encore se donner une vitesse ascensionnelle très appréciable et cela sans aucun déplacement transversal.

C'est une grande étape du problème de la conquête de l'air qui vient d'être franchie, puisqu'elle vient de résoudre la difficulté considérable que l'on peut énoncer ainsi : « Se maintenir

immobile dans l'air par ses propres moyens, avec un appareil plus lourd que l'air. »

Les orthoptères ou ornithoptères ainsi que les hélicoptères n'ont pourtant pas donné jusqu'à présent de résultats comparables à ceux des aéroplanes. Certains auteurs très compétents en matière d'aviation prétendent qu'on ne pourra obtenir qu'une imitation plus ou moins grossière de cette machine naturelle constituée par la structure anatomique de l'oiseau. Si l'on supprime l'une de ses qualités essentielles, la souplesse des organes, il ne reste plus, comme le dit M. Banet-Rivet, qu'un moteur de faible rendement compliqué d'organes sans nombre. D'ailleurs, si le pigeon et autres volateurs de taille moyenne pratiquent le vol ramé, les volateurs tels que l'aigle utilisent leurs ailes comme aéroplanes, trouvant dans les mouvements de l'air l'énergie suffisante pour entretenir leur vitesse. Il n'est cependant pas sans intérêt de signaler les appareils actuellement en expérience et basés sur les principes qui régissent le vol ramé. Tels sont l'appareil à ailes battantes de M. Albert Bazin et l'ornithoptère de M. Collomb.

Travaux et Expériences des frères Wright.

Nous avons été de ceux qui, sans contester l'existence des remarquables travaux des frères Wright, n'ont pas cru aux résultats, qui paraissaient alors fantastiques, des expériences de 1905, notamment de celle où ils avaient effectué un vol de plus de 38 kilomètres. Nous partagions avec beaucoup d'autres et on peut dire avec la presque unanimité des membres des sociétés aéronautiques françaises, et de l'Aéro-Club en particulier, le doute et le scepticisme qu'avait produits l'annonce bruyante des journaux américains. Si l'on avait été convaincu du succès des frères Wright, aurait-on montré autant d'enthousiasme le 22 novembre 1906, jour où, à Bagatelle, M. Santos Dumont accomplit son parcours sensationnel de 220 mètres, et M. Archdeacon, qui

avait été au début au courant des essais des frères Wright, se serait-il exprimé avec tant de chaleur au banquet offert à M. Santos Dumont pour célébrer sa victoire? A cette époque tout le monde était d'accord pour reconnaître que M. Santos Dumont était le premier homme qui se fût élevé du sol et eût plané dans l'espace avec un appareil plus lourd que l'air.

Or, aujourd'hui le voile qui cachait les recherches des frères Wright est tombé, et les expériences qu'ils viennent de faire, l'un Orville aux États-Unis d'Amérique, et l'autre Wilbur près du Mans en France, permettent de juger de l'importance de leurs travaux. Il convient donc dans une étude consacrée à l'aviation de leur faire une place au moins égale à celle de leurs émules en Europe; tel est l'objet du chapitre complémentaire de cette nouvelle édition.

M. François Peyrey qui, avec un talent littéraire agréablement imprégné de poésie, présente dans le journal l'*Auto*, au fur et à mesure qu'ils se produisent, les progrès de l'aviation, s'est fait l'historiographe des frères Wright et a écrit une brochure très attrayante sous le titre : *Les premiers hommes-oiseaux*.

Faut-il comme lui et sans réserve leur accorder cette qualification en l'absence d'un contrôle précis des expériences faites de 1903 à 1905 au delà de l'Atlantique? Évidemment les frères Wright étaient maîtres de leur secret, d'ailleurs bien gardé; c'était leur droit. Mais ils s'exposaient ainsi à perdre la paternité et la gloire d'une découverte qu'ils sont en fait obligés de partager avec M. Santos Dumont.

Quiconque a approché M. Wilbur Wright et échangé quelques mots avec lui déclare que c'est un homme d'un caractère droit et franc, incapable de ne pas dire la vérité. Si donc on veut être édifié sur l'origine et la suite des travaux exécutés avec son frère, on peut s'en rapporter au récit qu'il en a fait récemment à un journaliste du *Matin*. Nous en reproduisons les principaux passages :

« C'est en 1900, à une époque où l'aviation paraissait morte, que les frères Wright se sont livrés à leurs premiers travaux. De grandes choses avaient été faites par des hommes de génie : Langley et Chanute aux États-Unis, Maxim, Philipp et Pilcher en Angleterre, Marey, Mouillard et le colonel Renard en France, et Lilienthal en Allemagne. La mort de deux d'entre eux, Lilien-

thal et Pilcher, tués au cours de leurs expériences, les énormes sommes d'argent englouties dans des recherches telles que celles de Maxim et Ader, arrêtèrent net l'élan des débuts et ce cycle héroïque prit fin dans le découragement.

« Mis par des livres et des brochures au courant des travaux et des expériences de leurs devanciers, les frères Wright, étudiant les causes de leurs échecs, pensèrent que beaucoup de leurs erreurs pouvaient être évitées. Attirés par l'aviation qu'ils considérèrent d'abord comme un sport agréable, ils choisirent pour leurs essais Ketty Hawk, dans la Caroline du Sud, près des dunes qui s'étendent sur une large superficie désolée le long de l'Océan Atlantique où les vents sont forts et réguliers.

« Leur premier planeur fut assez semblable dans sa forme et dans ses dispositions à leur dernière machine volante; il possédait déjà l'équilibreur d'avant flexible et le gauchissement des ailes, deux nouveautés qui résultaient de leurs observations. Avec un appareil à plans superposés, mais couchés à plat ventre, ils firent, de 1900 à 1901, comme Lilienthal, un grand nombre de glissades aériennes. Mais ce fut seulement avec leur machine de 1902, construite d'après leurs propres formules, qu'ils firent de rapides progrès, à la suite de plus de mille essais de vols planés, dont le plus long dura vingt-six secondes sur une distance de 200 mètres environ.

« A cette époque, ayant invité M. O. Chanute, l'ingénieur et l'expérimentateur bien connu, à leur campement de Ketty Hawk, ils lui montrèrent leur appareil. Et quand ce dernier vint en Europe en 1903, il raconta leurs expériences dans les milieux aéronautiques, notamment à l'Aéro-Club de France; un des membres les plus ardents de celui-ci, M. Archdeacon, en comprit toute l'importance, au point de vouloir les reproduire en faisant construire par deux jeunes architectes mécaniciens, les frères Voisin, un appareil du type Wright. Le capitaine Ferber et M. Esnault Pelterie construisirent également et expérimentèrent des planeurs du même type. Ce fut le commencement d'un renouveau de l'aviation en France.

« Le succès du dernier planeur des frères Wright fut si complet, si décisif, qu'il leur fut possible d'entrevoir, grâce à de nouvelles et incessantes recherches, et à d'autres dépenses, la création d'une machine volante à moteur, de valeur pratique.

L'année 1903 fut employée pour l'étude et la construction d'un moteur d'aéroplane qui, à cette époque, n'existait pas. Enfin, en décembre 1903 ils terminèrent leur appareil, et se trouvèrent prêts à l'essayer. Le 17 de ce mois quatre vols furent réussis par un vent d'une vitesse de 9 à 10 mètres; le plus long dura 59 secondes et la distance parcourue dans l'atmosphère contre ce vent fut environ de 200 mètres.

« Dans l'été de 1904, les frères Wright reprirent leurs essais près de leur ville natale, à Dayton (Ohio), et le 20 septembre ils réussirent leur premier cercle complet. Avant la fin de la saison ils étaient deux fois restés dans les airs durant cinq minutes, et à chacun des vols ils avaient couvert quatre fois le circuit d'un kilomètre.

« Les expériences furent continuées en 1905 avec une nouvelle machine, toujours près de Dayton. Le succès fut tel que, le 3 octobre, Orville réussit un vol d'une durée de vingt-cinq minutes, suivi le lendemain d'un nouveau vol de trente-trois minutes. Enfin, le 5 octobre, Wilbur, pilotant l'appareil, parcourut 39 kilomètres dans les airs, en trente-huit minutes. »

Tels sont les magnifiques résultats qu'avaient déjà obtenus il y a trois ans les aviateurs américains et qui, nous l'avons dit, rencontrèrent l'incrédulité en Europe et particulièrement en France, parce qu'ils n'avaient été constatés par aucune personne autorisée. M. Chanute, n'ayant pas assisté aux expériences, s'était borné à dire qu'il y ajoutait foi, mais sans le déclarer formellement. Les officiers français qui en 1906 ont, au nom du Ministre de la Guerre, entamé des pourparlers avec les frères Wright, non seulement n'avaient pas assisté aux expériences, mais même n'avaient pas vu l'appareil. Le journal *Le Journal* a publié un compte rendu très détaillé des négociations qui eurent lieu à cette époque et qui n'aboutirent pas à cause des conditions un peu rigoureuses imposées aux inventeurs; d'après l'une d'elles, ils devaient, tout en effectuant un parcours de 50 kilomètres en moins d'une heure, s'élever à 300 mètres de hauteur. Le délai dans lequel le Gouvernement français devait remettre la somme de 1 million fut également une cause de rupture des pourparlers.

On sait aujourd'hui que les expériences entreprises par Wilbur Wright près du Mans ont pour but de réaliser les con-

ditions fixées dans le traité passé avec M. Lazare Weiller, qui doit verser la somme de 500 000 francs pour l'acquisition des brevets Wright. La presse rend compte chaque jour des résultats remarquables obtenus par les frères Wright depuis qu'ils ont repris leurs expériences l'un en Amérique, l'autre en France. On voit par le tableau ci-dessous que ces résultats dépassent notablement ceux des deux aviateurs qui se disputaient jusqu'alors le record en France.

30 mai 1908,	M. Delagrange,	15' 26" 4/5.
22 juin	M. Delagrange,	16' 30".
5 septembre,	W. Wright,	19' 48" 2/5.
6 juillet,	Farman,	20' 20".
10 septembre,	Delagrange,	28'.
5 septembre,	Delagrange,	29' 52" 4/5.
5 septembre,	Wright,	36' 14" 3/5.
16 septembre,	Wright,	39' 19".
29 septembre,	Farman,	40' 43".
24 septembre,	W. Wright,	54' 3" 1/5.
9 septembre,	O. Wright,	1 h. 2' 30" et 57' 31".
10 septembre,	O. Wright,	1 h. 5' 52".
28 septembre,	W. Wright,	1 h. 7' 24".
11 septembre,	O. Wright,	1 h. 10'.
12 septembre,	O. Wright,	1 h. 14' 20".
21 septembre,	W. Wright,	1 h. 31' 25".

Ce tableau indique seulement les durées des vols. Quant aux distances parcourues dans chaque épreuve on ne compte officiellement que le périmètre des triangles formés par trois poteaux sur le sol, mais il est certain qu'en réalité le trajet effectué dans l'air est beaucoup plus grand. C'était seulement la durée et non la longueur du parcours qui était en cause le 6 juillet dernier, jour où M. Farman a parcouru plus de 26 kilomètres en faisant douze fois et demie le tour du champ d'Issy-les-Moulineaux, détenant ainsi en France le record de la distance.

Il est à remarquer que les appareils de MM. Farman et Delagrange voguent avec une plus grande vitesse que l'appareil des Wright; mais ce sont ces derniers, qui, seuls, ont réussi à faire un parcours de plus de 50 kilomètres en moins d'une heure, condition principale du contrat passé avec M. Lazare Weiller.

Dans l'essai officiel qui a eu lieu au Camp d'Auvours, le 10 octobre dernier, en présence de la Commission technique dont nous faisions partie, M. Wilbur Wright est resté en l'air 1 h. 9' 45" couvrant une distance qui peut être évaluée à environ 70 kilomètres, battant ainsi le record du vol à deux personnes, puisqu'il avait emmené un passager, M. Painlevé, membre de l'Académie des Sciences.

Description de l'appareil Wright.

L'aéroplane des frères Wright, dont nous donnons ci-dessous une vue perspective, a fait l'objet en France de trois brevets, pris respectivement le premier le 22 mars 1904, et les deux autres le 18 novembre 1907. Il appartient au système dit biplan, c'est-à-dire qu'il comporte deux plans sustentateurs superposés. Le but multiple des inventeurs, comme ils l'exposent dans leur premier brevet, a été de combiner ensemble la légèreté, la force, la commodité de la construction et la plus petite résistance possible à l'avancement et surtout de pourvoir l'appareil de moyens pour maintenir sa stabilité et son équilibre avec un guidage dans le sens vertical et dans le sens horizontal. La caractéristique du système réside dans la disposition des surfaces constituant les ailes composées de toiles tendues sur des cadres en bois et en fils métalliques, reliées l'une à l'autre au moyen d'articulations à charnières formées par des montants verticaux et des entretoises en fils métalliques.

Les inventeurs expliquent, notamment dans l'un de leurs brevet de 1907, que grâce à cette construction les surfaces sont déformables, c'est-à-dire peuvent se gauchir au moyen de câbles aboutissant à une poignée unique à l'aide de laquelle on communique une torsion aux extrémités des deux surfaces sustentatrices de l'aéroplane; de cette manière on règle l'équilibre latéral par l'augmentation de l'angle d'incidence sous lequel les surfaces horizontales sont présentées à l'atmosphère du côté qui tend à s'abaisser et par une diminution de cet angle du côté qui tend à s'élever. C'est en réalité un gauchissement en sens inverse que l'on produit aux deux extrémités de chacune des surfaces sustentatrices.

D'autre part, pour éviter le mouvement tournant de la machine autour d'un axe vertical qui serait la conséquence de cette manœuvre, on commande par le même levier un gouvernail vertical à l'arrière pour engendrer un couple tournant dans le sens opposé.

En avant est le gouvernail horizontal de profondeur ou d'altitude, qui est biplan comme le gouvernail de direction.

De part et d'autre de l'axe horizontal sont disposés le moteur qui est à quatre cylindres et le siège où se place l'aviateur qui fait équilibre au moteur, dont le poids est de 80 kilogrammes pour une puissance de 26 à 28 chevaux. L'emplacement réservé au milieu est destiné à un passager.

Le moteur actionne deux hélices, disposées à gauche et à droite, par l'intermédiaire d'une transmission à chaînes croisées passant dans des tubes d'acier où elles sont guidées; ces hélices,

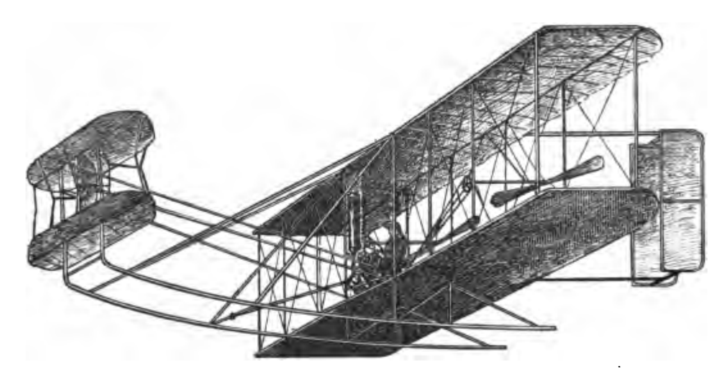
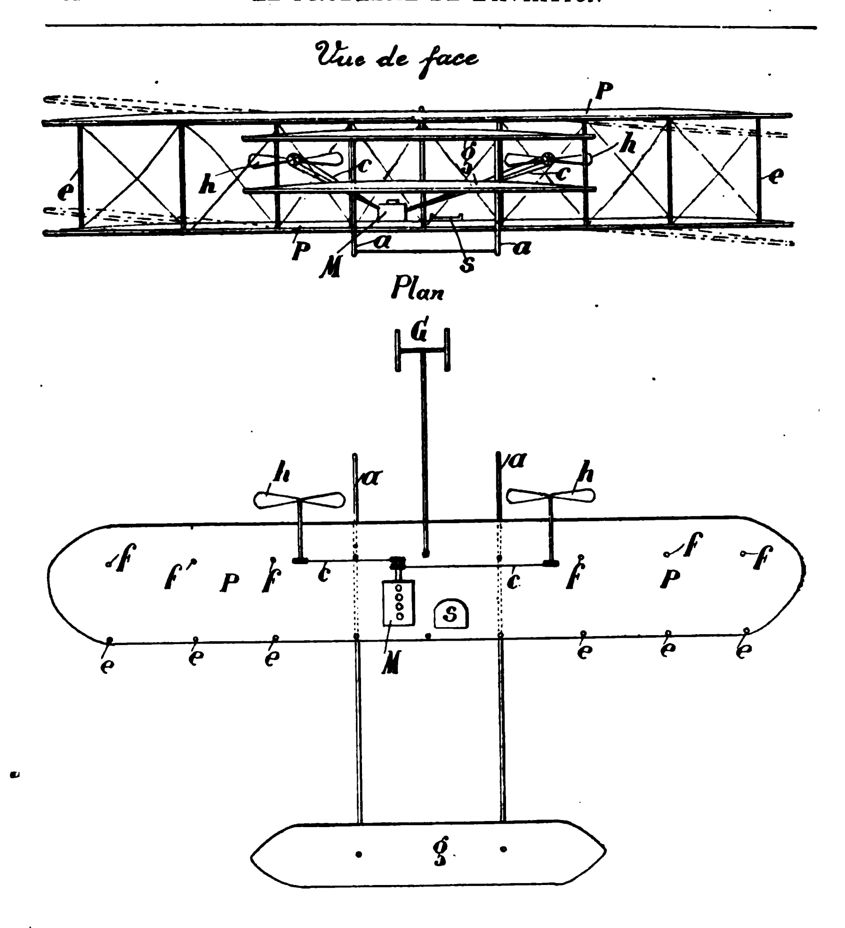


Fig. 23. — VUE EN PERSPECTIVE DE L'APPAREIL DES FRÈRES WRIGHT.

qui ont un diamètre de 2 m. 80, tournent en sens inverse, derrière les plans; grâce à une démultiplication, la vitesse de leur rotation est seulement de 450 tours par minute.

Sauf pour la partie mécanique et la voilure, l'appareil est entièrement construit en bois, qui est un sapin d'Amérique léger et résistant.

L'ensemble du système est supporté par deux longs patins constituant une sorte de traîneau. Dans l'appareil expérimenté au camp d'Auvours les arbres des hélices tournent dans des coussinets de bronze sans billes de buttée et de roulement, et les praticiens se sont demandé si le graissage suffira pour empêcher l'échauffement après un vol prolongé. Jusqu'ici l'expérience semble avoir prouvé que cet inconvénient n'a pas influé d'une façon trop fâcheuse sur la marche de l'appareil.



Coupe longitudinale.

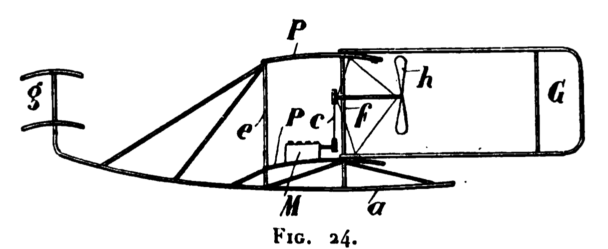


Fig. 24.

P, plans sustentateurs; G, gouvernail de direction; *g*, gouvernail d'altitude ou de profondeur; *hh*, hélices; *cc*, chaînes de commande; M, moteur à quatre cylindres; *s*, siège du pilote; *aa*, patins amortisseurs; *ee*, entretoises fixes; *ff*, entretoises articulées relevant conjointement d'un côté et abaissant de l'autre les surfaces portantes pour opérer le gauchissement.

Comparaison de l'appareil Wright avec les appareils français.

Ayant décrit dans ses grandes lignes l'appareil des frères Wright, comparons-le avec les aéroplanes français. Cette question a déjà soulevé des discussions passionnées. En particulier MM. Voisin Frères ont défendu énergiquement le genre d'aéroplanes qu'ils ont construit pour MM. Farman et Delagrange qui, jusqu'aux expériences des frères Wright, ont détenu les records contrôlés pour la durée et la distance.

« Tout d'abord, disent MM. Voisin, les aviateurs américains n'auraient pas pu s'offrir, comme on l'a dit, les trophées remportés par les aviateurs français, gagner le prix du kilomètre, puis le prix du quart d'heure. En effet, aux termes des règlements judicieusement établis par l'Aéro-Club, il est spécifié que l'appareil du concurrent doit quitter le sol par ses propres moyens; tel n'est pas le cas pour l'aéroplane Wright qui utilise au départ un chariot, un rail et un pylone au sommet duquel des contrepoids de 500 kilogs sont hissés et dont la chute par un déclanchement donne à l'appareil l'impulsion première.

« Qu'une machine volante soit surprise par une avarie toujours possible, en face ou au milieu d'une prairie, incapable de reprendre son vol sans son pylone, son rail, son contrepoids, son wagonnet, c'est là un inconvénient inconnu pour les appareils français qui tous s'enlèvent avec leur châssis à roues. Il est vrai que ce châssis, avec les amortisseurs, pèse environ 70 kil., ce qui représente à quelques kilos près le poids du passager que peut emmener l'appareil des frères Wright. »

Nous estimons qu'en effet la nécessité d'avoir tout un matériel de lancement, comme c'est le cas chez les frères Wright, est une infériorité pour leur aéroplane comparé à l'aéroplane français. Il faut espérer qu'une solution mixte interviendra, qui permettra aux frères Wright de se dispenser tout au moins du pylone, ce qu'ils peuvent faire lorsqu'au départ ils sont favorisés par le vent.

Une supériorité qu'on a signalée à l'actif de l'appareil des

frères Wright c'est qu'il possède une magnifique utilisation mécanique, puisqu'il peut soulever avec un moteur de 25 chevaux un poids d'environ 500 kilogs. Sur ce point MM. Voisin démontrent que la différence n'est pas si grande avec les appareils qu'ils ont fournis à MM. Farman et Delagrange, car le jour où M. Farman a emmené M. Archdeacon avec les approvisionnements, le poids s'était trouvé augmenté jusqu'à atteindre 645 kilogs, alors que le moteur tournant à 1100 tours ne donnait que 38 chevaux.

Nous n'hésitons pas à reconnaître en toute sincérité que l'appareil des frères Wright utilise mieux la puissance motrice, et une des raisons doit en être dans la disposition des deux hélices placées symétriquement et tournant avec une vitesse près de deux fois moindre que celle de l'hélice unique des appareils Voisin. On a dit justement qu'une hélice tournant avec une telle vitesse, qui est généralement de 14 à 1 500 tours, est un véritable gyroscope et on sait que quand on veut changer le plan de rotation d'un gyroscope il résiste et tend à tourner dans une direction perpendiculaire. C'est là ce qui explique la difficulté que rencontrent MM. Farman et Delagrange quand ils veulent effectuer un virage sur un rayon un peu court; mais cette vitesse excessive de l'hélice a encore cet inconvénient de produire sur l'air des tourbillons avec des chocs et des remous qui diminuent la poussée utile de l'hélice.

D'autre part, il faut l'avouer, l'emploi de deux hélices, lorsqu'une d'elles vient à se rompre, peut faire chavirer l'appareil et entraîner ceux qui le montent dans une chute fatale. — C'est ce qui a eu lieu malheureusement dans la dernière expérience d'Orville Wright en Amérique, où ce dernier a été assez grièvement blessé, et le lieutenant Selfridge qu'il avait emmené comme passager a trouvé une mort glorieuse qui le place à côté de Lilienthal et de Pilcher dans le martyrologe de l'aviation.

Si dans les aéroplanes on tient à conserver le principe d'une seule hélice, il conviendrait selon nous d'en augmenter le diamètre et la surface des palettes, de façon à réduire la vitesse, et à atténuer les défauts ci-dessus indiqués.

Enfin, et c'est là la critique la plus vive qui a été adressée aux frères Wright, leur appareil n'ayant pas de queue cellulaire, ils doivent compenser le manque de stabilité qui en résulte par une série de manœuvres relativement compliquées. En effet, à

la commande des gouvernails vient s'ajouter le gauchissement des surfaces et pour exécuter toutes ces opérations, même avec l'aide instinctif des réflexes, on prévoit un long apprentissage pour arriver à l'habileté incomparable dont font preuve les aviateurs américains. Avec les aéroplanes des frères Voisin, si ce ne sont pas évidemment les premiers venus qui pourraient les piloter, il faudra moins de temps pour former un pilote capable de les conduire, ainsi que l'a prouvé dernièrement le capitaine Ferber qui, obligé de rentrer en activité de service dans l'armée, a pu confier la conduite de son appareil à M. Legagneux, son mécanicien. Ce dernier, après vingt-quatre heures d'essais, a, du premier coup, exécuté un vol de 200 mètres qui lui aurait fait gagner un des prix de l'Aéro-Club si son départ avait eu lieu dans les conditions du règlement.

Le type monoplan adopté par MM. Blériot et Esnault Pelterie pour leurs appareils n'est pas sans avoir fourni des résultats dignes d'attention. Ils ont exécuté des vols qui se rapprochaient, comme ceux des frères Wright, du vol des oiseaux; nous avons été émerveillé avec tous ceux qui assistaient aux expériences du 6 juillet des courbes gracieuses décrites par M. Blériot dans une des épreuves qui a duré 8 minutes et qui, si elle n'avait pas été interrompue par un accident au moteur, lui aurait permis de gagner le prix du quart d'heure. Toutefois ce dernier nous a avoué qu'il ne donnait pas encore l'illusion produite sur les spectateurs par M. Wilbur Wright qui semble procéder tout à fait comme un oiseau avançant par bonds, montant, descendant, tournant court et se jouant en quelque sorte de l'atmosphère. Cette souplesse serait due selon M. Blériot à ce fait que l'appareil américain est en équilibre presque indifférent; il ne nous a pas paru que le centre de gravité se trouvât si près du point de concentration des pressions. La stabilité est obtenue surtout par les manœuvres combinées des gouvernails et du gauchissement.

Considérations générales sur le vol plané et le vol à voile, à propos du prix fondé par M. le docteur Quinton.

Les belles expériences de ces derniers mois ont été, on peut le dire, la démonstration vivante de la vérité des principes sur lesquels on doit établir les aéroplanes. Il y a une parfaite concordance entre les données que fournit l'application raisonnée des formules et les résultats constatés dans un grand nombre d'essais. Ainsi le vol artificiel s'explique bien dans son ensemble par les lois pures de la mécanique.

Comme nous l'avons dit, les coefficients qu'il faut employer pratiquement pour la résistance de l'air sont ceux qui ont été déterminés expérimentalement, corrigés par des facteurs qui tiennent compte non seulement de l'angle d'attaque, mais encore de la courbure et de la configuration des sustentateurs.

Pour le vol des oiseaux le phénomène reste plus complexe et c'est surtout dans le cas du planement de certains voiliers qu'il y aurait lieu de faire intervenir d'autres causes que celles qui ont été admises généralement, pour expliquer comment il se fait que certains volateurs tels que l'aigle, le vautour et la frégate semblent, même par un temps calme, rester absolument immobiles dans l'espace bien que leurs ailes déployées n'aient aucun mouvement apparent. L'une de ces causes réside peut-être dans un mouvement vibratoire non perceptible à l'œil imprimé aux extrémités des rémiges. Une autre que nous avions indiquée avec prudence était attribuée dans une certaine mesure à l'électricité. Cependant nous devons avouer que les expériences entreprises dans les ateliers et avec le concours de M. Chauvière, à la suite de celles du Laboratoire des Arts et Métiers, n'ont pas justifié les suppositions qui avaient été faites à ce sujet; elles étaient partagées par M. Menoux, qui assistait à notre Conférence et qui nous a fait part de ses recherches dans le même ordre d'idées. Le dernier mot n'est peut-être pas dit sur cette délicate question.

Mais la création d'un nouveau prix par M. le Dr Quinton, le fondateur de la Ligue aérienne, rappelle l'attention sur le genre de vol que l'on appelle le vol à voile et que nous n'avions pas omis de mentionner. La somme de 10 000 francs offerte par M. Quinton sera décernée à l'aviateur qui, après l'arrêt instantané du moteur de son aéroplane, restera encore 5 minutes en descendant d'une hauteur de moins de 50 mètres. Nous ne lui avons pas caché que cette hauteur nous paraissait bien faible et que ce serait une circonstance vraiment exceptionnelle que celle où l'aviateur trouverait au moment voulu un vent opposé, ascendant et d'une force suffisante pour maintenir soulevé l'aéroplane pendant un si grand laps de temps.

Cependant une des conséquences de ce prix aura eu cet avantage de faire descendre dans la lice M. Marcel Deprez, l'honorable membre de l'Académie des Sciences dont la réputation était seulement attachée jusqu'ici à de beaux travaux sur l'électricité. Pour appuyer la proposition de M. Quinton et en démontrer la possibilité, M. Marcel Deprez a refait à son point de vue la théorie du vol à voile en partant du théorème des quantités de mouvement.

Cette question du vol à voile a été longtemps controversée et des hommes qui se sont occupés de la navigation aérienne, comme M. de Louvrié en 1866, Goupil en 1884, ont, dans des mémoires qu'ils ont écrits à cette époque, démontré que le vol à voile dans tous les sens sans développement de travail moteur était possible et n'avait rien de contraire aux lois de la mécanique. Ils ont par des calculs vérifié les données intéressantes fournies par le vol des oiseaux dans les études de MM. d'Esterno et Mouillard, études résumées dans un ouvrage paru en 1883 sous le titre « L'empire de l'air » par M. G. de la Landelle qui, avec MM. de Ponton d'Amécourt et Nadar, a été un des apôtres du plus lourd que l'air.

Parmi les cas particuliers rares et étonnants que discute M. Goupil dans son ouvrage est celui d'un planeur s'élevant contre un courant même horizontal et suivant une direction montante sans dépenser aucun travail, à la condition bien entendu qu'il soit animé d'une vitesse acquise, vitesse qu'il peut de temps à autre renouveler en donnant quelques coups d'aile pendant un instant. Ce sont les démonstrations de ces

observateurs qui ont commencé à battre en brèche la fameuse erreur de Navier, celle qui résulte des conclusions d'un mémoire présenté à l'Institut en 1829 et signé : Gay Lussac, Flourens et Navier, rapporteurs.

« Est-il vrai, s'écrie M. Ch. de Louvrié dans la note que nous avons rappelée ci-dessus et qu'il adressait à son cher et vénéré maître, M. Babinet, de l'Institut, que l'oiseau soit aussi fort qu'on le prétend? On n'a mesuré sa force que d'après le travail qu'il produit en volant. Est-il vrai que chez l'hirondelle, seulement pour s'équilibrer dans les airs, ce travail soit égal à son poids élevé à une hauteur de 8 mètres par seconde; qu'il est 50 fois plus grand quand elle vole à raison de 15 mètres, ce qui ferait un cheval-vapeur pour 13 hirondelles? » Après cette apostrophe, l'auteur expose sa théorie du vol plané à l'aide des formules semblables à celles que nous avons consignées dans le tableau de la page 40. Si on les applique au vol du martinet dont le poids est de 50 grammes on voit que le travail à développer par l'oiseau en temps calme pour se mouvoir dans l'air avec une vitesse de 5 mètres est de 6,11 grammes-mètres, c'est-à-dire son poids élevé à 0 m. 12 dans une seconde. On est bien loin du chiffre formidable de Navier. Il convient de faire remarquer que l'oiseau se meut dans l'air avec un angle d'inclinaison extrêmement faible, au plus d'un degré, très voisin de l'angle optimum indiqué par M. Drzewiecki.

M. de Louvrié va encore plus loin. — « Si au lieu d'être horizontal, dit-il à la fin de sa Note, le vent est légèrement ascendant, de sorte que tout en conservant son inclinaison sur la ligne du vent l'aile fût inclinée au-dessous de l'horizon, ainsi que la résultante entre la pesanteur et l'effet du vent parallèle perpendiculaire à l'aile, le martinet ainsi qu'un certain nombre d'oiseaux pourraient se maintenir immobiles au milieu du vent ou même s'y avancer. Il peut donc *a fortiori* se faire monter dans les airs. Or il est certain que les éminences du sol peuvent déterminer ces courants ascendants qui pénètrent plus ou moins dans l'atmosphère, et l'on peut avec M. le comte d'Esterno admettre des ondes et des vagues dans l'Océan aérien. D'ailleurs

1. Cette Note a été publiée dans le Journal « *Les Mondes* », décembre 1866, sous le titre « *Vol des Oiseaux* ». — Erreur de Navier. — Aviation.

les vents tendent à émerger; dès lors et en toutes circonstances le travail du vol n'est plus qu'un travail d'équilibriste. »

Par la citation qui précède on voit que le comte d'Esterno, dont les travaux ont été souvent mentionnés par M. le Dr Marey, avait devancé l'astronome Langley dans ses recherches si remarquables sur les mouvements de l'air. — L'étude dynamique de l'état de l'atmosphère a occupé toute une séance de la session extraordinaire tenue à Bruxelles du 12 au 15 septembre 1907 par la Commission permanente internationale d'aéronautique, séance dans laquelle M. Le Clément de Saint-Marc a présenté un mémoire intitulé : *Recherches sur les changements périodiques de vitesse et de direction dans les masses d'air en mouvement* (voir les procès-verbaux publiés chez Dunod et Pinat, éditeurs à Paris). — Dans la discussion qui a suivi cet exposé, M. Soreau reprenant les explications qu'il avait données dans une communication faite en 1902 à la Société des Ingénieurs Civils de France, a montré que les mouvements internes de l'air s'étendent à toute la masse atmosphérique et que, loin d'en être la cause, les aspérités du sol constituent un obstacle à la régularité que tendent à prendre ces mouvements. C'est pourquoi, a-t-il ajouté, les observations de M. Le Clément de Saint-Marc sur les girouettes, les oscillations des arbres et même sur les panaches des cheminées lui semblaient faites trop près du sol pour qu'on puisse en déduire des indications numériques susceptibles de préciser le phénomène. Pour arriver à ce résultat il a préconisé l'observation des oiseaux voiliers et résumé la théorie à laquelle il a donné le nom de Loi des vagues aériennes. — Selon M. Soreau, les prétendus vols à voile observés dans nos régions ne sont généralement que des planements d'un mécanisme tout autre, où l'oiseau utilise par exemple des courants ascendants accidentels.

Ce serait nous entraîner trop loin que de discuter comparativement les divers systèmes proposés pour expliquer le vol à voile. Dans cette même séance, M. Guillaume, le distingué président de la Commission, a rappelé les travaux du grand physicien Helmholtz au sujet du glissement d'une masse fluide sur une seconde masse possédant une densité différente. Il est bon de rapprocher cette considération d'une Note toute récente présentée par M. Esclangon à l'Académie des sciences sur les conditions de planement des oiseaux, et dans laquelle il explique

que ce planement ne peut avoir lieu que lorsqu'il y a une différence de vitesse dans le mouvement des couches d'air rencontrées par l'oiseau.

L'erreur de Navier a longtemps pesé sur la recherche de la locomotion aérienne par l'aviation; mais il ne suffisait pas de la détruire pour prouver que l'homme pouvait un jour arriver à se soutenir dans l'air à l'instar de l'oiseau, il fallait qu'un expérimentateur de génie, l'allemand Lilienthal, entreprît les essais qui ont immortalisé son nom. Il ne s'est pas borné à payer de sa personne et à exécuter par sa méthode un nombre considérable de planements, étudiant les conditions d'équilibre et de stabilité avec les appareils qu'il a imaginés et construits à cet effet; il s'est livré également à toute une série de recherches d'ordre scientifique qu'il a consignées dans un ouvrage publié à Berlin en 1889 et intitulé : *Le vol des oiseaux comme base du vol artificiel.* Cet ouvrage a été comme le testament de mort de Lilienthal et on ne saurait trop en recommander la lecture, car il contient sur la courbure des surfaces portantes des enseignements éminemment profitables à tous les aviateurs.

Conclusion.

Les dernières expériences que vient de faire M. Wilbur Wright au camp d'Auvours, le 3, le 6 et le 10 octobre, marquent un bond prodigieux dans les progrès de l'aviation. Il ne s'est pas contenté d'exécuter des vols de grande durée, 53′ 33″ 2/5 pour l'un et 1 h 4′ 26″ pour l'autre, mais il a emmené chaque fois un passager, M. Reichel, le distingué reporter sportif du *Figaro*, la première fois, et la seconde fois M. Arnold Fordyce, qui en 1906 avait mis le gouvernement français en rapport avec les frères Wright. Entre ces deux journées M. Wilbur Wright avait pris à son bord d'autres personnes et notamment M. Léon Bollée, augmentant ainsi de 108 kilos la charge de son appareil. On peut donc considérer comme résolu le pro-

blème de l'aviation à deux personnes, dont l'une est le pilote et l'autre peut être un observateur, ce qui est d'une grande importance pour les applications militaires.

M. Reichel termine le bel article qu'il a consacré au récit des expériences dont il a été l'un des acteurs en disant que l'aéroplane fournira un moyen de locomotion puissant et un sport enivrant. Pas de doute dès à présent pour le côté sportif par lequel l'aviation débute comme a débuté l'automobilisme. Les épreuves imposées par les prix créés pour les concours d'aéroplanes fourniront des indications précieuses sur le sens dans lequel il y a lieu de perfectionner les appareils. Aux conditions de durée, de distance, de vitesse, de hauteur, pourront s'ajouter d'autres conditions particulières compliquant les circuits aériens et même les semant d'obstacles à l'instar des courses de chevaux. On peut même aller jusqu'à prévoir le maintien sur place et même la marche arrière d'un aéroplane.

L'attention avec laquelle le monde militaire a suivi les progrès de l'aviation est une preuve des services que l'on peut attendre des aéroplanes en temps de guerre. Ils seront employés utilement pour pousser des reconnaissances rapides afin de surprendre la marche de l'ennemi, tandis que les dirigeables auront surtout pour mission d'explorer à de grandes hauteurs les campements et les travaux de fortifications. Pour cette destination comme pour d'autres, l'aviation et l'aérostation continueront à progresser parallèlement. Les aéronautes et les aviateurs doivent se donner la main et être des émules et non des rivaux.

Bien avant qu'on pût percevoir une solution nette du problème de la locomotion aérienne par le plus lourd que l'air, nombre d'esprits à l'imagination féconde en avaient escompté la réalisation, notamment Jules Verne, dans ses récits aventureux, le dessinateur Robida dans ses caricatures et plus récemment l'écrivain anglais Wells dans ses romans fantaisistes. Il faut signaler principalement le livre de ce dernier : *Quand le dormeur s'éveillera* (traduction de Mrs Davray et Kozakiewitz), dans lequel, avec un don prophétique extraordinaire, il prédit le temps où les moyens de transport actuels seront détrônés par la locomotion avec les aéroplanes. Ne voyons pas si loin et laissons se développer concurremment tous les progrès dans ce sens pour le plus grand bien de l'humanité Les avantages

de la nouvelle locomotion sont évidents : d'abord grande rapidité des trajets qui se feront en ligne droite, les distances se comptant effectivement à vol d'oiseau, puis affranchissement de la poussière des routes pour les voyageurs qui respireront un air plus pur, et qui, dominant les obstacles, pourront embrasser d'un coup d'œil tous les points de l'horizon.

Nous n'avons pas à discuter les considérations d'ordre politique, économique et social que soulèvera l'adoption du nouveau mode de transport. La principale question qui doit être envisagée aujourd'hui c'est de prévenir et même d'éviter les dangers qui pourraient résulter des voyages aériens par des appareils plus lourds que l'air et en détruiraient les avantages et les agréments. Déjà certains pessimistes tremblent à la pensée que le ciel sera sillonné d'aéroplanes passant au-dessus de leurs têtes, et se voient à chaque instant menacés d'être écrasés par une machine volante. Bien que l'étendue illimitée de l'espace rende rares les collisions, il faudra trouver le moyen de parer à leurs conséquences tragiques.

Mais pour le moment dégageons-nous de ces conjectures tout en souhaitant que les recherches des inventeurs et des constructeurs soient dirigées de manière à assurer la plus grande stabilité aux appareils d'aviation. Quand une découverte scientifique est née, l'homme doit l'accepter et se préoccuper d'en tirer profit en s'appliquant à corriger ce qu'elle peut avoir de contraire à ses besoins!

1182-08. — Coulommiers. Imp. Paul BRODARD. — P11-08.

